

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**MODELO PROBABILÍSTICO DEL TRANSPORTE
DE MINERAL EN EL TAJO ANAMA EN LA
UNIDAD MINERA ANABI S.A.C.**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

RIEMANN EULER GAMARRA SANTAMARIA

**ASESOR:
ING. AUGUSTO TEVES ROJAS**

Lima - Perú
2015

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, hermanos(as), sobrinos(as): Euler, Arturo, Cesar, Edith, Magda, Marilú, Cecilia, Mercedes, Luis, Yesmyne, Alejandro, Euler, Maybe, Mholy.
¡Hasta la victoria, siempre!

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis maestros Dr. Ing. Alfredo Marín Suarez, Ing. Augusto Teves Rojas por ser ejemplo de superación, a mi padre por su amor, a mi mamá por su apoyo, Belinia Baez Castro por ser mi compañera y consecuente por una sociedad justa, al Ing. Luis Alva Florián por darme la oportunidad laboral y a mi alma mater la UNI.

INDICE

INTRODUCCION.....	01
CAPITULO I ASPECTOS GENERALES.....	03
1.1 Ubicación.....	03
1.2 Accesibilidad.....	03
1.3 Descripción Geológica.....	04
1.3.1 Geología Regional.....	05
1.3.2 Geología Local.....	11
1.3.3 Geología Estructural.....	15
1.3.4 Geología Económica.....	17
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Definición de probabilidad.....	19
2.2 Variable aleatoria y distribución de probabilidades.....	20
2.3 Esperanza de una variable aleatoria.....	21
2.4 Simulación.....	22
2.4.1 Simulación Monte Carlo.....	25
CAPITULO III METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	27
3.1 Descripción del sistema de transporte.....	27
3.2 Recolección de los datos para el modelo probabilístico.....	29
3.3 Tratamiento estadístico.....	30

3.4 Construcción del diagrama de bloques y codificación en el lenguaje de simulación GPSS.....	30
3.5 Validación y análisis de sensibilidad.....	30
CAPITULO IV FORMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA EN GPSS.....	31
4.1 Formulación del problema.....	31
4.2 Definición de datos y variables.....	31
4.3 Diagrama de bloques.....	33
4.4 Codificación en GPSS.....	34
CAPITULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
5.1 Resultados de la simulación.....	37
5.2 Interpretación y validación de los resultados.....	37
5.2.1 Validación.....	39
CAPITULO VI MODELO ALTERNATIVO.....	41
6.1 Variables de sensibilidad.....	41
6.1.1 Velocidad de los camiones.....	41
6.1.2 Asignación de los camiones.....	43
6.2 Replanteo del programa.....	45
CAPITULO VII ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO.....	46
7.1 Análisis técnico.....	46
7.2 Análisis económico.....	46
CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXOS.....	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Ruta 01.....	12
Tabla 1.2: Ruta 02.....	12
Tabla 2.1: Variable aleatoria.....	28
Tabla 3.1: Equipo de carguío.....	37
Tabla 3.2: Equipo de transporte.....	37
Tabla 5.1: Utilización de las excavadoras y su producción.....	46
Tabla 5.2: Aproximación del modelo.....	47
Tabla 7.1: Análisis económico.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Representación del modelo.....	35
Figura 4.1: Representación del diagrama de bloques.....	41
Figura 5.1: Porcentaje de utilización de las excavadoras.....	46
Figura 5.2: Producción de las excavadoras.....	47
Figura 5.3: Comparación de la producción de mineral y desmonte del modelo vs el sistema real.....	48
Figura 6.1: Variación en la producción por el aumento de la velocidad de los camiones.....	49
Figura 6.2: Incremento de la utilización de las excavadoras por el aumento de la velocidad de los camiones.....	51
Figura 6.3: Producción de las excavadoras con la nueva distribución de los camiones.....	53
Figura 7.1: Comparación de las producciones.....	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Ruta 01.....	12
Tabla 1.2: Ruta 02.....	12
Tabla 2.1: Variable aleatoria.....	28
Tabla 3.1: Equipo de carguío.....	37
Tabla 3.2: Equipo de transporte.....	37
Tabla 5.1: Utilización de las excavadoras y su producción.....	46
Tabla 5.2: Aproximación del modelo.....	47
Tabla 7.1: Análisis económico.....	54

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un modelo probabilístico de transporte de mineral en el tajo “Anama” de la Unidad Minera Anabi S.A.C. con el objetivo de realizar modificaciones de parámetros de operación al mismo equipo de carguío y acarreo para incrementar la producción diaria de mineral.

El modelo probabilístico se diseñó y programó haciendo el uso del lenguaje de simulación GPSS (General Purpose Systems Simulator), el cual se basa en conceptos como el método de Monte Carlo de Jhon Von Neumann.

Para el modelo se tomaron datos estadísticos del carguío y acarreo, in situ y en una guardia de trabajo de 12 horas.

Este modelo probabilístico puede ser utilizado como una herramienta de toma de decisiones antes de iniciar una guardia, lo cual nos permite simular la producción en toneladas de mineral por guardia, estimar el porcentaje de utilización de los equipos de carguío (excavadoras), y estimar el número de camiones en la cola y el tiempo promedio en las colas.

ABSTRACT

In the present work is developing a probabilistic model ore transport on the block "Anama" Unit Minera Anabi S.A.C. In order to change the parameters changes of operation at the same loading and hauling equipment to increase the daily production of mineral.

The probabilistic model was designed and programmed by the use of simulation language GPSS (General Purpose Systems Simulator), which is based on concepts such as the Monte Carlo method of John Von Neumann.

For the model data statistics loading and hauling were taken by myself and working on my watch 12 hours.

This probabilistic model can be used as a tool for decision making before starting a guard, allowing us to simulate production in tons of ore per shift, to estimate the percentage of utilization of haulage equipment (excavators), and to estimate the number of trucks in the queue and the average time in queues.

INTRODUCCIÓN

En la minería debido a que se cuenta con equipos de elevado costo de adquisición, operativo y de mantenimiento, se busca mejorar la eficiencia de los mismos.

Una de las técnicas que utiliza la ingeniería y que ayuda a mejorar los procesos industriales es la simulación, esta técnica nos permite estimar la distribución de los camiones. Y como bien sabemos, una mala distribución de los camiones genera tiempos no productivos de la pala, tiempos no productivos del camión, bajas eficiencias; en general pérdidas de dinero para la empresa minera.

En el presente trabajo sobre el Modelo probabilístico del transporte de mineral en el tajo Anama de la mina Anabi S.A.C., se analiza y discute el bajo porcentaje de utilización de los equipos de carguío en el transporte minero.

El tajo “Anama” es una mina de oro que se explota por minado a cielo abierto, se trabaja en dos bancos de diferentes niveles, en el banco 4712m hay dos frentes de carguío en el “punto 1” está minando mineral la “excavadora 365”, y en el “punto 2” la “excavadora # 2”, también minando mineral. En el nivel 4704m hay un frente de minado “punto 3” y está minando desmonte la “excavadora # 7”.

En todos los frentes se trabaja con camiones de 22.35m^3 , y excavadoras de 5.587m^3 Además en cada frente de minado se asigna seis camiones, es bajo esas condiciones donde se decide desarrollar un modelo probabilístico que permita observar los rendimientos de los equipos y hacer modificaciones al modelo para aumentar la producción.

Se desarrolló una metodología para diseñar un modelo probabilístico computacional que permita simular la eficiencia del sistema y con ello determinar los parámetros que tengan mayor incidencia en la producción de mineral.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 UBICACIÓN

El yacimiento de Anama se encuentra en los parajes de los cerros Japutani – Chicorone, del distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, departamento de Apurimac, entre las coordenadas 738373 E, 8416300 N y 745464 E, 8410280 N, UTM (WGS 84, zona 18S), con una altitud promedio entre 4600 a 4800 m.s.n.m.

2.1 ACCESIBILIDAD

Es accesible por dos rutas que se describen a continuación.

Ruta 01: Lima – Cusco (Viaje de una hora en avión); luego, se continúa por carretera asfaltada, pasando por Abancay para llegar a Santa Rosa en los 294 km; desde este punto se desvía por trocha carroable 85 km, llegando a la mina Anama. El recorrido hace un total de 11 horas de viaje en camioneta.

Ruta 02: Por la panamericana Sur hasta Nazca, luego seguir la ruta hacia Puquio, Chalhuanca, Santa Rosa (vía Abancay) por carretera asfaltada; se continua luego

por carretera de tierra afirmada, pasando por Antabamba, hasta llegar a la Mina Anama. El tiempo promedio de viaje es de 20 horas.

Tabla 1.1: Ruta 01

Ruta	Km.	Tipo de Vía	Tiempo (horas)
Lima - Cusco		Aérea	1
Cusco - Abancay	183	Pavimentada	4
Abancay – Santa Rosa	66	Pavimentada	1
Santa Rosa - Antabamba	71	Afirmada	2
Antabamba – Devio Anama (Ichuni)	68	Semi Afirmada	2
Desvio Anama – Mina Anama	17	Trocha	1
TOTAL	405	--	11

Tabla 1.2: Ruta 02

Ruta	Km.	Tipo de Vía	Tiempo (horas)
Lima - Nazca	444	Asfaltado	6
Nazca – Desvio hacia Ayacucho - Apurimac	400	Asfaltado	7.5
Santa Rosa – Antabamba	71	Afirmado	2.5
Antabamba – Mina Anama	60	Trocha Carrozable	4
TOTAL	975	--	20

3.1 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La propiedad Anama se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur y Centro del Perú (departamento de Apurimac). La cordillera se formó como resultado de la subducción de la Placa Sudamericana combinados con periodos de esfuerzos compresionales.

1.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La base de la estratigrafía comprende sedimentos del Jurásico Superior a Cretáceo Inferior correspondiente al Grupo Yura y este es dividido en tres formaciones: Formación Piste, Formación Chuquibambilla y Formación Soraya. Sobreyace a la precedente las capas rojas de la Formación Mara que se considera como una guía regional de interpretación estratigráfica. Calizas de la Formación Ferrobamba del Albino–Cenomaino sobreyacen a los sedimentos precedentes. Sedimentos clásticos de origen continental del Grupo Puno pertenecientes al Terciario inferior (paleógeno) se encuentra sobre los sedimentos del Cretáceo. Volcano–Sedimentarios y derrames andesíticos y dacíticos del Grupo Tacaza (oligoceno-mioceno) sobreyacen al Grupo Puno y anteriores. Volcánicos jóvenes del Plioceno al Cuaternario completan la secuencia con los volcánicos post Tacaza (Cerro Cullimayoc), Sencca, Grupo Barroso y Santo Tomás.

Intrusivos de diferentes naturalezas, tales como granodiorita, tonalita, monzonita y diorita del Cretáceo superior al Terciario correspondientes al Batolito de Apurímac se localizan al norte de la Propiedad de Anama. Intrusiones de stocks hipabisales del mioceno también están presentes.

Las rocas precedentes han sufrido tres fases de deformaciones compresivas durante la orogenia andina y finalmente el levantamiento “vertical” de la Cordillera de los Andes con las consecuencias de intensa erosión y profundización de valles.

1.3.1.1 Grupo Yura

1.3.1.1.1 Formación Chuquibambilla

Son las rocas más antiguas que aflora en la región, consisten en areniscas de grano fino a grueso (60 a 70 %) generalmente de color gris oscuro, intercaladas con lentes de lititas y calizas, encontrándose fuertemente plegados e intruidas por rocas intrusivas, con espesores aproximados de 800 metros.

Se presentan fósiles que nos son guías de datación debido a su amplio rango. Por posición estratigráfica y litología se le considera del Jurásico superior al Cretáceo inferior (Titoniano-Berrasiano).

1.3.1.1.2 Formación Soraya

Está constituida por estratos en bancos de cuarcitas blancas a gris oscuras con niveles de areniscas de coloración rosada al tope, lutitas gris claras al medio, areniscas y lutitas negras en la base, con potencias aproximadas entre 600 a 800 metros, generalmente plegados.

Existen fósiles que carecen de valor cronológico, por su posición estratigráfica se asume del Neocomiano Inferior.

1.3.1.1.3 Formación Mara

Esta formación tiene tres miembros que discordantemente afloran. En el inferior predomina areniscas, el interior se caracteriza por la presencia de lutitas con

intercalaciones de areniscas y conglomerados con clastos de cuarcitas y el superior lleva areniscas y lutitas abigarradas típicas de origen continental. Estas capas rojas tienen coloración rojo, marrón rojizo. El espesor máximo conocido es 300 metros.

La edad de la formación se infiere por su posición estratigráfica en el Aptino (Cretáceo Inferior).

1.3.1.1.4 Formación Ferrobamba

Se presenta en capas delgadas de calizas (micrita) colores negra a gris oscura. Los estratos son compactos, masivos con nódulos alargadas de cherts. El máximo espesor de las calizas es de 800 metros. Su posición es concordante con la formación Mara. Gran parte de las calizas son cortadas por intrusivos de diferente naturaleza que presentan diversos grados de reemplazamiento formando mármoles, skarn (granates) relacionados con mineralización polimetálica.

Contiene abundante fósiles que permite datarlo en el Albiano – Cenomaniano (Cretáceo medio).

1.3.1.2 Grupo Puno

Consiste de rocas clásticas intercaladas con volcánicos. Se le considera de origen continental (capas rojas), presentándose en discordancia angular sobre rocas del Mesozoico. La litología está conformada en la base por lutitas, areniscas abigarradas de grano medio con horizontes de conglomerados, en la parte media se tiene areniscas arcósicas de color gris marrón rojizo de grano medio a grueso con estratificación

cruzada intercaladas con lutitas rojizas y conglomerado, cerca al tope se presentan areniscas marrones y grises con potentes bancos de conglomerados y al tope areniscas de grano grueso. La secuencia tiene una potencia de 800 metros y ha sido datada en el Oligoceno.

1.3.1.3 Grupo Tacaza

Se ubica con discordancia angular sobre rocas del grupo Puno y Formaciones como Ferrobamba, Mara, Soraya, consiste de volcánico-sedimentario y derrames volcánicos.

En la base predomina mayormente sedimentos, consistente en conglomerados gruesos con clastos semi-angulares de cuarcitas y calizas, variando a areniscas gris verdosas intercalas con capas de lutitas rojizas y brechas con fragmentos de cuarcitas, areniscas, calizas dentro de una matriz de arenisca tufácea, ascendiendo en la secuencia se tiene horizontes de conglomerados con intercalaciones de cuarcitas y areniscas en matriz tufácea y en toda esta secuencia se encuentra intercalados flujos andesíticos y tufos brecha. Sobre la precedente secuencia descansa derrames volcánicos tufos brechas, tufos retrabajados de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica de forma lenticular en extensión lateral. La potencia del Grupo Tacaza en general está alrededor de 750 metros.

No hay evidencias de fósiles, por s posición estratigráfica se asigna al Oligoceno-Mioceno.

1.3.1.4 Grupo Maure

Se encuentra sobreyaciendo al Grupo Tacaza con discordancia erosional. La base de la formación está compuesto de horizontes delgados e intercalados de limolitas tufáceas, tufos retrabajados y areniscas tufáceas de color crema amarillenta, en el medio horizonte delgado de areniscas tufáceas de grano medio a grueso colores gris claro, luego un horizonte delgado de conglomerados volcánicos en matriz arenotufáceas y finalmente en el tope tufos sin consolidar de color amarillo claro, verde amarillento y amarillo rosado, la potencia total está en 60 metros.

En base a su posición estratigráfica la edad se estima Mioceno tardío-Plioceno temprano. El afloramiento de esta formación es muy pequeño.

1.3.1.4.1 Formación Sencca

Consiste en una secuencia piroclástica y horizontal post-orogénica que sobreyacen con discordancia erosional al Grupo Tacaza y formaciones antiguas. Está compuesto por tufos de naturaleza riolítica riodacítica intercalada con lentes de tufos brecha de coloraciones blanquinas, con variaciones a blanco amarillento, amarillo grisáceo y en la parte superior presenta coloraciones rosadas en áreas restringida. Su espesor está considerado en 60 metros.

Por su posición estratigráfica se le asigna una edad del Plioceno medio al superior.

1.3.1.5 Grupo Barroso

1.3.1.5.1 Volcánico Malmanya

Consiste en derrames casi horizontales principalmente andesitas, dacitas y en menor proporción traquiandecita y riodacitas teniendo origen fisural. La coloración en superficie fresca es gris clara y en roca intemperizada rojiza clara a gris morada. Su máximo espesor se considera de 1,000 metros.

1.3.1.5.2 Volcánico Vilcarani

Se presenta con discordancia erosional sobre el volcánico Malmanya y está constituido por flujos piroclásticos y lavas en menor proporción. Los piroclásticos están representados por tufos, brechas (fragmentos volcánicos), aglomerados, cenizas volcánicas, de composición andesítica, riodacítica y riolítica con coloraciones de blanco a rojizo. Los derrames de lava son de naturaleza andesítica a dacítica que se intercalan y/o acuan con los piroclastos. El espesor se puede estimar en aproximadamente 600 metros.

Considerando su posición estratigráfica regional, la edad estaría comprendida del Plioceno superior al Pleistoceno.

Depósito cuaternario

Contemplan la estratigráfica diversos depósitos de materiales inconsolidados del Cuaternario peistocénico al holocénico o reciente, como depósitos morrénicos, flucioglarios, aluviales y otros de diferente composición y granulometría.

1.3.2 GEOLOGÍA LOCAL

A continuación describimos las unidades litológicas halladas en la zona del proyecto.

1.3.2.1 Litología

La litología de la zona donde se asienta la zona de interés de la mina Anama, está compuesta por rocas dacíticas con comportamiento de domos y tufos en contacto con rocas andesíticas (también con comportamiento de domos y tufos), se cree que las rocas andesíticas podrían ser posteriores y habrían generado permeabilidad secundaria en las rocas preexistentes, favorable para cualquier evento mineralizante posterior.

1.3.2.1.1 Rocas volcánicas

Tufos dacíticos: De composición Tufo fino, tufo clástico y tufo de cristales, a estas rocas se les puede reconocer por la presencia de ojos de cuarzo en su matriz. Estos tufos presentan una estratificación sesgada debido a la erosión contemporánea, presentan una buena porosidad, hallándose muy receptivos a cualquier tipo de fluido mineralizante, y han sido instruidos por intrusivos subvolcánicos (domos de composición andesítica), generándose producto de estas intrusiones una porosidad secundaria que los hacen más receptivos aun.

Tufos andesíticos: Posiblemente estos tufos sean singenéticos con los domos andesíticos, es decir forman parte de su fase explosiva; en la zona se encuentran

rodeando al intrusivo subvolcánico (domo andesítico), presentan una coloración gris-verdosa a violácea con un grano que varía de fino a medio de textura porfirítica, sus principales constituyentes son horblendas y plagioclasas, en algunos casos presentan clastos del domo andesítico de diferentes tamaños, lo que nos indica el evento explosivo del domo. Por su textura podríamos decir que son buenos receptores para la mineralización, lamentablemente en la zona se los puede observar casi frescos; la ascensión y formación del domo en la zona ha generado una serie de estos materiales de composición andesítica, apreciándose los siguientes tipos de este tufo.

Tufos clásticos: Presentan textura porfirítica con fragmentos líticos de tamaño lapilli, correspondientes a tufos andesíticos porfiríticos e coloraciones marrón verdosos y violáceos; presentan alteración propilítica débil, a estos los encontramos a unos 50 m. del sector Este de la concesión, con extensión hacia el norte y sur.

Tufos Finos: De grano fino y coloración de gris verdosa, se presentan formando sub-horizontes con intercalaciones de tufo fino de color blanquecino con textura porfirítica, encontrándose en algunas áreas argilizados y propilitizados, en otros casos casi frescos. Estos tufos afloran al Norte de la concesión, extendiéndose aún más al Norte.

1.3.2.1.2 Intrusivos hipabisales

Domo andesítico: Por las condiciones geológicas que se puede apreciar en superficie, la zona donde se asienta la “Mina Anama” ha sufrido una serie de pulsaciones producto de la reactivación de cámaras magmáticas más profundas y las cámaras intermedias por calor, las mismas que han dado como resultado la ascensión de intrusivos

subvolcánicos (domos) en estado seco del tipo andesítico y dacítico, de textura porfirítica, de coloración gris verdosa, gris oscura y amarillenta, en su mayoría frescos a débilmente propilizados en sus bordes, éstos han intruído a las rocas preexistentes del Volcánico Tacaza compuesto generalmente de tufos dacíticos (tufos de cristales), generándose durante las intrusiones porosidad secundaria, y logrando zonas de interés económico a lo largo de toda la zona de contacto.

En la parte Sur-Este de la concesión (Sur del tajo Anama) se encuentra aflorando parte del cuerpo de un domo de composición andesítica, el mismo que se encuentra en estado casi fresco y con buen porcentaje de pirita diseminada en aproximadamente 5%. Este se elonga con una dirección N 30° A 40° W, con dirección de flujo de bandas que oscila entre N40°W y N-S con buzamientos que van de 50 a 70° al Norte-Este y Este. Al NE del tajo la magnetometría ha identificado un cuerpo magnético (posible domo andesítico), este también se encuentra en estado casi fresco.

Domo dacítico: Hacia el sector Norte del tajo en contacto directo con los tufos dacíticos y la rocas andesíticas, se observa la presencia de un intrusivo subvolcánico de composición dacítica, éste tiene un emplazamiento casi E-W y debe ser uno de los causantes del fracturamiento y permeabilidad secundaria producidas en el lugar, en éste se pueden observar los ojos de cuarzo en una matriz silicificada, al parecer la silicificación no es producto de la alteración sino que es componente propia de la roca desde su formación.

1.3.2.2 Alteración

Las alteraciones encontradas en le “mina Anama” corresponden a un sistema epitermal de alta sulfuración, con mineralización económica de oro de tipo diseminado.

1.3.2.2.1 Ocurrencia de alteración

En los niveles más altos de la zona de interés se encuentra el domo dacítico en contacto con algunos tufos de la misma composición, se aprecia una fuerte presencia de Sílice Granular y Sílice Clay principalmente, Sílice Vuggy en algunos sectores sin conseguir el predominio ante las demás alteraciones, Sílice Masiva sobre todo en el sector Nor-Este de la concesión, y Sílice Gris en menor proporción en las zonas generalmente brechadas del tufo (estando presente en los clastos). Hay bastantes evidencias de alunita sacaroide de color cremosa-amarillenta y rosada, asociada generalmente a los niveles argilizados y la sílice granular.

En los niveles intermedios encontramos una zona de transición entre las rocas de composición dacítica (domo y tufos) y las rocas andesíticas, se caracterizan por presentar una intensa silicificación (Sílice Masiva, Sílice Gris en la matriz y venillas, Sílice Vuggi, Sílice Granular y pequeños horizontes de Sílice Clay), que han obliterado la roca. En este nivel la roca presenta un alto grado de brechamiento y craquelamiento donde se pudo notar que los clastos son los más silisificados (Sílice Masiva, Sílice Gris), y que la matriz de la roca se encuentra con Sílice Granular y un tanto argilizada, seguramente por la influencia del control estructural que existe en la zona y que provoca niveles argilizados.

El nivel inferior se caracteriza por albergar casi netamente a la roca andesítica (posible domo andesítico), en contacto con algunas secuencias tufaceas de composición andesítica y dacítica, siendo las andesitas un paquete muy potente que debe sobrepasar los 350 m, las rocas se encuentran alteradas con Silice Masiva, Silice Granular y algo de Silice Gris; a este nivel todavía se puede reconocer la textura de la roca, cosa que no sucede en el nivel intermedio donde la textura está obliterada. La andesítica silicificada contiene un alto contenido de pirita diseminada, lo que la convierte en una roca poco atractiva para la recuperación metalúrgica.

1.3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área se encuentra controlada por una estructura regional de dirección andina NW-SE (N60°W a N70°W) y estructuras de tensión NE (NS a N30°E), que han posibilitado mayor alteración y mineralización en la zona.

1.3.3.1 Rasgos estructurales regionales

Las estructuras geológicas en la región son muy complejas, las formaciones del Jurásico superior y Cretáceo Inferior están fuertemente plegadas y falladas, las unidades más jóvenes como las secuencias volcánicas del Grupo Tacaza se encuentran cortadas por numerosas estructuras de dirección NO-SE. Estas deformaciones se deben a la orogénesis andina de finales del Cretáceo y al movimiento epirogénico que afectó en general a los Andes.

1.3.3.2 Rasgos estructurales locales

Existe una falla de carácter regional que cruza el sector Sur de la concesión de la “mina Anama” de orientación andina (N60°W a N70°W) con buzamientos de alto ángulo.

Esta falla desplaza horizontalmente (falla de rumbo) y verticalmente (falla normal) a los volcánicos del Grupo Tacaza y formaciones antiguas (Ferrobamba, Mara, Soraya, etc.). En la zona del proyecto, pone en contacto os tufos dacíticos y al domo de composición andesítica, generando en el contacto niveles argilizados propias de la zona de falla, esta estructura también habría facilitado la ascensión del domo andesítico para dar cabida a la generación de permeabilidad secundaria en ambas litologías, consiguiendo de alguna manera que las rocas se vuelvan más receptivas a cualquier tipo de fluido mineralizante.

Existe un segundo patrón de algunas fallas tensionales a la primera falla regional, éstas presentan direcciones oscilantes de N10°W a N10°E, en algunos casos Norte-Sur, y probablemente estas sean las principales causantes de la mineralización en el proyecto; es decir se puede estar comportando como conductos de los fluidos que han alterado tanto a los tufos y a los domos.

Cabe indicar sin embargo que los sistemas estructurales indicados, básicamente tienen carácter regional y/o subordinadas a dicho escenario. En el área del proyecto minero propiamente dicho, os pocos sistemas estructurales reconocidos en general resultan locales y más propiamente corresponderían a sistemas de fracturamientos que ha coadyuvado al control estructural de la mineralización, sin mayor afectación del

contexto geológico. Por lo mismo no resulta que actualmente ocurra algún tipo de deformación tectónica-estructural, menos aún fallamiento activo, pudiéndose considerar el área en promedio como tectónicamente estable.

1.3.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA

Según reportes de los diferentes estudios realizados en el proyecto, se confirma que el área (zona de tajo) cuenta con potencial de oro.

1.3.4.1 Ocurrencias de mineralización

En la “mina Anama” el tipo de ocurrencia de la mineralización es diseminado de oro; esto desde el nivel superior (contacto domo dacítico y tufos de la misma composición) ubicado en el sector NE del tajo, que es el nivel más superior de la zona de interés (de más altas cotas), como en los subsiguientes niveles.

En el contacto entre los tufos dacíticos, andesíticos y el domo dacítico, se encuentra el nivel intermedio. Este nivel es el más importante por su potencial mineralógico, está compuesto principalmente por óxidos de fierro con (limonitas y hematitas) en aproximadamente un 20 a 25%, que se alojan en las fracturas y oquedades de la roca que conforman, estando los óxidos bastante relacionados con las leyes más altas de oro; tiene una potencia en vertical aproximada de 90 a 100m. Y abarca toda la superficie de la zona del tajo.

Debajo del nivel de óxidos existe un nivel donde predomina la presencia de la roca andesita componente del domo en contacto, con algunos tufos andesíticos y dacíticos, y que también presenta valores de oro asociados a la fuerte presencia de pirita diseminada; en este nivel las leyes oro son más bajas y tienden a bajar conforme se profundiza.

Las pequeñas fallas NE (N-S a N30°E), también han servido de conductos ascendentes de fluidos mineralizantes y sus zonas de influencia se encuentran con evidente Silicificación Masiva, Granular y Vuggy, cortada por un enjambre de venillas de sílice gris. Estos fluidos tardíos con Sílice Gris, son los que reportan los mejores valores de oro y cortan a todos los demás eventos litológicos, de alteración y mineralógico.

En el nivel intermedio, el más importante económicamente hablando, existe una brecha mineralizada de origen hidrotermal con clastos subangulosos y silisificados, enriquecida con óxidos de fierro (limonitas y hematitas) en la matriz en aproximadamente 20 a 25%, se ubica en la zona del tajo, y se emplaza con una dirección N60°W-S60°E, con una potencia en la horizontal que oscila entre los 100 y 120 metros y una longitud aproximada de 400 m. esta estructura se caracteriza por contener valores sobresalientes de oro.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN DE PROBABILIDAD

La probabilidad se asocia a la ejecución de un experimento cuyos resultados se presentan en forma aleatoria. El conjunto de todos los resultados de un experimento se llama espacio muestral, y un subconjunto del espacio muestral se llama evento.

En un experimento se puede manejar también un espacio muestral continuo.

Si en un experimento con n intentos o pruebas, un evento E sucede m veces, entonces la probabilidad $P\{E\}$ de realizar el evento E se define matemáticamente como sigue:

$$P\{E\} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{m}{n}$$

Esta definición implica que si el experimento se repite indefinidamente ($n \rightarrow \infty$), la probabilidad deseada se representa con la fracción $\frac{m}{n}$ a largo plazo.

Por definición:

$$0 \leq P\{E\} \leq 1$$

Un evento E es imposible si $P\{E\} = 0$, y es seguro si $P\{E\} = 1$. La probabilidad de cualquier acontecimiento está comprendida entre 0 y 1.

2.2 VARIABLES ALEATORIAS Y DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES

Los resultados de un experimento son numéricos de por sí, o se pueden representar en una escala numérica. Un caso distinto es el de probar un artículo y obtener dos resultados: malo y bueno. En ese caso se puede usar la clave numérica (0,1) para representar (malo, bueno). La representación numérica de los resultados produce lo que se llama variable aleatoria.

Una variable aleatoria x puede ser discreta o continua.

Cada variable continua o discreta x se cuantifica con una función de densidad de probabilidad(es), fdp, $f(x)$ o $p(x)$. Esas funciones deben satisfacer las condiciones de la siguiente tabla.

Tabla 2.1: Variable aleatoria

Característica	Variable aleatoria, x	
	Discreta	Continua
Intervalo de aplicación	$x = a, a + 1, \dots, b$	$a \leq x \leq b$
Condiciones para la fdp	$p(x) \geq 0, \sum_{x=a}^b p(x) = 1$	$f(x) \geq 0, \int_a^b f(x) dx = 1$

Una fdp, $f(x)$ o $p(x)$ debe ser no negativa (si no ¡la probabilidad de un evento sería negativa!). También la probabilidad de que ocurra todo el espacio muestral debe ser igual a 1.

Una medida importante de las probabilidades es la función de distribución acumulada (FDA), que se define como sigue:

$$P\{x \leq X\} = \begin{cases} P(X) = \sum_{x=a}^X p(x), & x \text{ discreta} \\ F(X) = \int_a^X f(x)dx, & x \text{ continua} \end{cases}$$

2.3 ESPERANZA DE UNA VARIABLE ALEATORIA

Si $h(x)$ es una función real de una variable aleatoria x , se define al valor esperado $\mathbf{E}\{h(x)\}$ de $h(x)$ como el promedio ponderado (a largo plazo) con respecto a la función de densidad de probabilidad de x . Matemáticamente, dadas $p(x)$ y $f(x)$, las funciones de distribución acumulada de probabilidades discretas y continuas de x , respectivamente, entonces se calcula $\mathbf{E}\{h(x)\}$ como sigue:

$$E\{h(x)\} = \begin{cases} \sum_{x=a}^b h(x)p(x), & x \text{ discreta} \\ \int_a^b h(x)f(x)dx, & x \text{ continua} \end{cases}$$

2.3.1 Media y varianza de una variable aleatoria

La media o media de x , $E\{x\}$, es una medida de la tendencia central (o suma ponderada) de la variable aleatoria. La varianza, $\text{var}\{x\}$, es una medida de la dispersión o desviación de x respecto a la medida $E\{x\}$. Una varianza mayor

indica un mayor grado de incertidumbre acerca de la variable aleatoria. En forma específica, cuando se conoce con certeza el valor de una variable, su varianza es cero.

Las fórmulas de la media y la varianza se pueden deducir de la definición general $E\{h(x)\}$ como sigue: para $E\{x\}$, se usa $h(x) = x$ y para $\text{var}\{x\}$ se usa $h(x) = (x - E\{x\})^2$. Entonces,

$$E\{x\} = \begin{cases} \sum_{x=a}^b xp(x), & x \text{ discreta} \\ \int_a^b xf(x)dx, & x \text{ continua} \end{cases}$$

$$\text{var}\{x\} = \begin{cases} \sum_{x=a}^b (x - E\{x\})^2 p(x), & x \text{ discreta} \\ \int_a^b (x - E\{x\})^2 f(x)dx, & x \text{ continua} \end{cases}$$

La base de la deducción de las formulas se ve con más facilidad examinando el caso discreto. En él, $E\{x\}$ es la suma ponderada de los valores discretos de x . También $\text{var}\{x\}$ es la suma ponderada del cuadrado de las desviación respecto a $E\{x\}$. El caso continuo se puede interpretar en forma parecida, reemplazando la suma por la integral.

2.4 SIMULACIÓN

La simulación en la actualidad es la mejor alternativa de la observación de un sistema, los sistemas organizados por el hombre de nuestra sociedad moderna son más complejos. Esta complejidad se deriva de la inter-relación entre los varios elementos de nuestras organizaciones y los sistemas físicos con los cuales

ellos tienen que inter-actuar. Ahora que el mundo vive una crisis generalizada es cuando se aprecia su importancia con mayor claridad.

En el mundo industrial moderno la técnica de la simulación computarizada representa una herramienta muy poderosa para el planeamiento, diseño, análisis, operación, evaluación de procesos o sistemas muy complejos.

Existen varias definiciones de simulación, mencionaremos solo una de ellas: “Simulación es el proceso de diseñar un modelo que representa a un sistema real; y llevar a cabo varios experimentos usando el modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o el de evaluar varias estrategias, dentro de los límites impuestos por un criterio o una serie de criterios, de tal manera que el sistema en estudio opere”.

Etapas a seguir en un proceso de simulación

Si una simulación va a ser usada para investigar las propiedades de un sistema real, las etapas a seguirse son las siguientes:

a) Definición de sistema.- Aquí se debe determinar los límites, las restricciones y las medidas de efectividad a ser usadas en la definición del sistema a ser estudiado.

b) Formulación del modelo.- Consiste en reducir o abstraer al sistema real a un lógico diagrama de flujos.

- c) **Preparación de datos**.- Consiste en identificar los datos requeridos por el modelo y su reducción a una forma adecuada.
- d) **Transcripción del modelo**.- Es la descripción del modelo en un lenguaje aceptable por la computadora a ser usada.
- e) **Validación del modelo**.- Consiste en incrementar hasta un nivel aceptable el grado de confiabilidad de tal manera que los resultados obtenidos usando el modelo que representa al sistema real sean correctos.
- f) **Planeamiento estratégico**.- Consiste en diseñar un experimento cualquiera; el cual permitirá obtener la información requerida.
- g) **Planeamiento táctico**.- Consiste en la determinación de como cada una de las series de corridas especificadas en el diseño experimental debe ser ejecutada.
- h) **Experimentación**.- Consiste en la ejecución del modelo de simulación para generar los datos requeridos y para llevar a cabo análisis de sensibilidad.
- i) **Interpretación**.- Consiste en inferir ciertas conclusiones de los datos generados por el modelo de simulación.
- j) **Implementación**.- Consiste en poner el modelo de simulación y/o, los resultados a usarse.
- k) **Documentación**.- Consiste en registrar las actividades y los resultados del proyecto así como la documentación y usos del modelo de simulación.

2.4.1 Simulación Monte Carlo

2.4.1.1 Antecedentes del Método Monte-Carlo

El método de Monte Carlo es el nombre con que se designa un procedimiento de simulación basado en la utilización de números aleatorios. Es una técnica numérica para la resolución de problemas de tipo general, cuya estructura de cálculo tiene la forma de un proceso estocástico, entendiendo como tal una secuencia de estados cuya evolución está determinada por sucesos aleatorios (Kalos y Whitlock, 1986).

Esta técnica puede aplicarse tanto a problemas *determinísticos* (la solución, si existe, es exacta) como a problemas estadísticos o *no determinísticos* (la solución, si existe, viene caracterizada por un valor medio, una varianza, etc.).

De cualquier manera la solución que aporta este método, sea cual sea el problema considerado, es de tipo aproximado y por lo tanto susceptible de caracterizarse como cualquier variable estadística.

2.4.1.2 Descripción del Método Monte-Carlo

- a) Identificar el experimento o sistema a simular.
- b) Identificar el espacio muestral y definir la variable aleatoria.
- c) Definir la función de probabilidad.
- d) Construir la función acumulada de probabilidad.

- e) Calcular o construir la tabla de la transformación inversa de la función acumulada de probabilidad. La transformación inversa utiliza la función acumulada de probabilidad de la variable aleatoria que se va a simular. Puesto que la función acumulada está definida en el intervalo $]0,1[$, se puede generar un número aleatorio uniforme en $]0,1[$ (RND), y tratar de determinar el valor de la variable aleatoria para la cual su distribución acumulada es igual al valor de RND.
- f) Generar un número aleatorio y ubicarlo en la tabla de transformada inversa para simular un valor específico de la variable aleatoria.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

El tajo en estudio presenta los componentes que se muestra en la imagen y se adjunta en el Anexo I para mejor visualización.

Componentes de la Unidad Minera Anabi S.A.C.

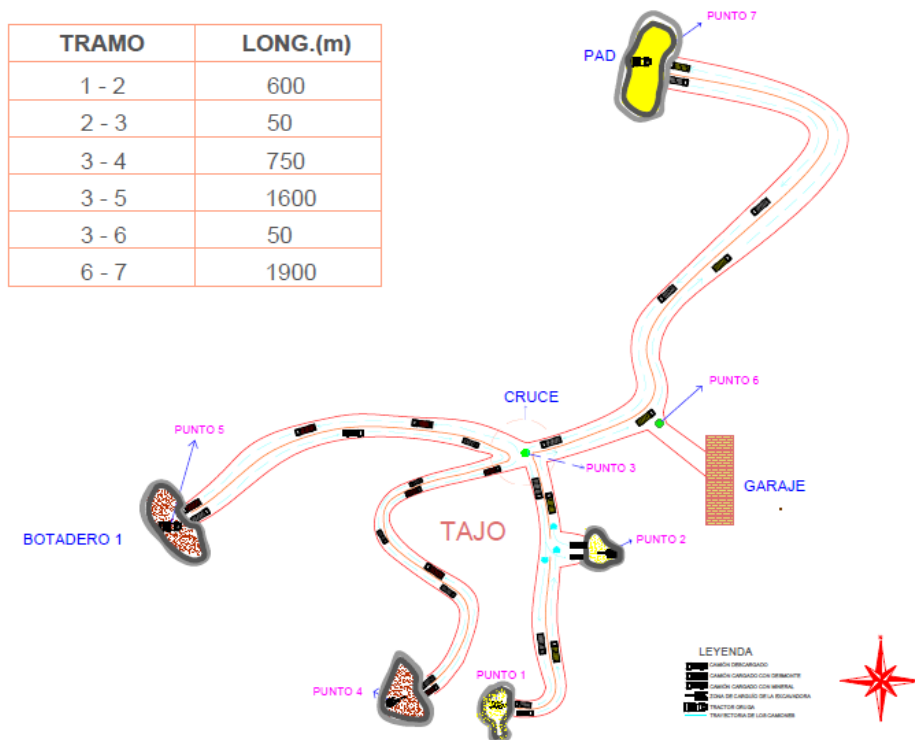


Figura 3.1 Representación del modelo.

Se trabaja en dos bancos de diferentes niveles, en el banco 4712m hay dos frentes de carguío en el “punto 1” está minando mineral la “excavadora 365”, y en el “punto 2” la “excavadora # 2”, también minando mineral. En el nivel 4704m hay un frente de minado “punto 3” y está minando desmonte la “excavadora # 7”.

En todos los frentes se trabaja con camiones de 22.35m^3 . Además en cada frente de minado se cuenta con un tractor para que realice la limpieza del piso.

Este modelo se desarrolló para reproducir y estudiar el transporte de mineral en una guardia, donde cada guardia tiene una duración de 12 horas. Los datos tomados en campo son del turno noche (6pm a 6am), además se tiene reunión de 6 pm a 7pm y un descanso de 2 a 3 am. Por lo cual las horas efectivas de trabajo son 10 horas. En cada frente de minado se cuenta con luminarias.

3.1.1 Zona de descarga de mineral

Se descarga en el pad de lixiviación. Se puede descargar el mineral simultáneamente hasta seis camiones. Allí hay un tractor que realiza el blending del mineral, para cumplir con la ley de cabeza.

3.1.2 Botadero de desmonte

Se cuenta con un botadero y a partir del quinto año de producción se construirá el botadero 2.

A. Botadero 1.- En este botadero los camiones pueden descargar el desmonte simultáneamente hasta seis camiones. Se ubica a 1600 metros del cruce del tajo.

3.1.3 Zona de salidas de camión (garaje)

Los camiones salen del garaje a las 6:30pm con los tanques de combustibles llenos que alcanza hasta la próxima guardia. La flota consta de 18 camiones. El garaje se ubica a 50 metros del cruce del tajo.

3.1.4 Parámetros de los equipos

A.- Equipo de carguío, los valores de su capacidad ya están multiplicados por su respectivo factor de llenado y su disponibilidad mecánica.

Tabla 3.1: Equipo de carguío.

Marca/Modelo	Capacidad (m ³)
Excavadora CAT	5.587

B. Equipos de transporte, los valores de su capacidad ya están multiplicados por la capacidad de la tolva y su disponibilidad mecánica.

Tabla 3.2: Equipo de transporte.

Marca/Modelo	Capacidad (t)
Scania 8X4	33.525

3.2 RECOLECCIÓN DE LOS DATOS PARA EL MODELO PROBABILÍSTICO

Se tomó los tiempos de carguío y descarga. Así también el recorrido de los tramos cargados y descargados.

Los detalles de los tiempos tomados en el tajo se encuentran en el Anexo II.

3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Con los datos obtenidos de los tiempos de carguío, descarga y acarreo de mineral y/o desmonte construiremos la tabla de frecuencias, histogramas y las funciones de distribuciones acumuladas, se encuentran en el Anexo III.

3.4 CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES Y CODIFICACION EN EL LENGUAJE DE SIMULACIÓN GPSS

Se desarrollará el diagrama de bloque para el ciclo de transporte de mineral, en el tajo Anama. En este desarrollo de bloques se va a considerar los equipos implicados y las relaciones funcionales que suceden en el ciclo de transporte de mineral.

Para la codificación se tuvo en cuenta el diagrama de bloques del modelo, a partir de ello se codifico en el lenguaje de simulación discreta evento – evento.

3.5 VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para la validación de nuestro modelo, comparamos el porcentaje de aproximación del tonelaje del modelo real con el teórico. Y así mismo con los datos obtenidos del programa como utilización de las excavadoras se hará su respectivo análisis de sensibilidad.

CAPITULO IV

FORMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL PROGRAMA EN GPSS

4.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el “tajo Anama” de la Unidad Minera Anabi S.A.C. en Apurimac, se realizó un reconocimiento del sistema del ciclo de transporte de mineral, luego un levantamiento de la toma de datos de los tiempos del sistema de transporte, con el objetivo de realizar modificaciones para incrementar la producción diaria de mineral, con ese fin se realizó un modelo probabilístico del transporte de mineral que simule la actividad del ciclo de minado para poder con ello realizar variantes al modelo y generar diversos escenarios para predecir la eficiencia y producción del sistema de producción de mineral.

4.2 DEFINICIÓN DE DATOS Y VARIABLES DEL SISTEMA

Datos:

El tiempo de viaje en los diferentes tramos cargado y descargado, tiempo de carguío en los frentes de minado y descarga en el pad y botadero, capacidad y cantidad de los camiones y excavadoras.

T17LM: Es el tiempo de viaje del punto uno al punto siete, llevando mineral.

T71V: Es el tiempo de viaje del punto siete al punto uno, camión vacío.

T27LM: Es el tiempo de viaje del punto dos al punto siete, llevando mineral.

T72V: Es el tiempo de viaje del punto siete al punto dos, camión vacío.

T45LD: Es el tiempo de viaje del punto cuatro al punto cinco, llevando desmonte.

T54V: Es el tiempo de viaje del punto cinco al punto cuatro, camión vacío.

El tiempo de carguío de mineral y desmonte por parte de la excavadora:

C1M: Es el tiempo de carguío de mineral en el punto uno.

C2M: Es el tiempo de carguío de mineral en el punto dos.

C4D: Es el tiempo de carguío de desmonte en el punto cuatro.

El tiempo de descarga en el botadero y el pad de lixiviación.

D7M: Es el tiempo de descarga del mineral en el punto siete.

D5D: Es el tiempo de descarga del desmonte en el punto cinco.

Variables:

Toneladas de mineral acumuladas en el pad de lixiviación, de la excavadora uno:

PADLIX1.

Toneladas de mineral acumuladas en el pad de lixiviación, de la excavadora dos:

PADLIX2.

Toneladas de desmonte acumuladas en el botadero, por la excavadora tres:
 BOTADERO.

Utilización de las excavadoras: Porcentaje de utilización (EXC1, EXC2, EXC3).

4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES EN GPSS

El diagrama de bloques, es la representación de la lógica del sistema, para mayor visualización de los detalles se encuentran en el Anexo IV.

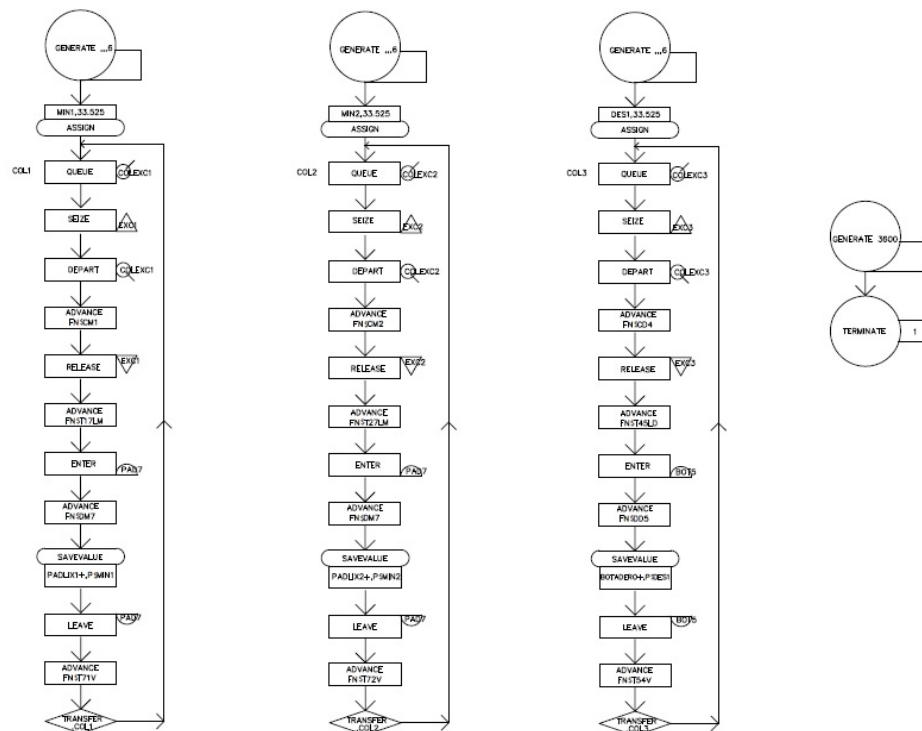


Figura 4.1 Representación del diagrama de bloques.

4.4 CODIFICACIÓN EN GPSS

Presentamos el código completo del programa.

```
*****MODELO DE LA UNIDAD MINERA ANABI SAC. "TAJO
ANAMA" – DESARROLLADO Y PROGRAMADO POR RIEMANN EULER
GAMARRA SANTAMARIA*****
```

```
T17LM FUNCTION RN1,C8
0.0,810.0/0.07,820.0/0.18,830/0.37,840.0/0.56,850.0/0.77,860.0/0.93,870.0/1.0,880
```

```
T71V FUNCTION RN1,C8
0.0,629.0/0.086,638.0/0.186,647/0.386,656.0/0.6,665.0/0.786,674.0/0.9,683.0/1.0,692
```

```
T27LM FUNCTION RN1,C8
0.0,629.0/0.086,638.0/0.229,647.0/0.415,656.0/0.615,665.0/0.772,674.0/0.9,683.0/1.0,692
```

```
T72V FUNCTION RN1,C8
0.0,449.0/0.1,458.0/0.214,467.0/0.414,476.0/0.6,485.0/0.8,494.0/0.9,503.0/1.0,512.0
```

```
T45LD FUNCTION RN1,C8
0.0,749.0/0.129,758.0/0.258,767.0/0.387,776.0/0.573,785.0/0.816,794.0/0.916,803.0/1.0,812.0
```

```
T54V FUNCTION RN1,C8
0.0,512.0/0.1,529.0/0.171,546.0/0.285,563.0/0.499,580.0/0.713,597.0/0.871,614.0/1.0,631.0
```

```
C1M FUNCTION RN1,C8
0.0,99.0/0.071,105.0/0.2,111.0/0.343,117.0/0.529,123.0/0.715,129.0/0.886,135.0/1.0,141.0
```

```
C2M FUNCTION RN1,C8
0.0,99.0/0.057,105.0/0.171,111.0/0.314,117.0/0.457,123.0/0.657,129.0/0.871,135.0/1.0,141.0
```

C4D FUNCTION RN1,C8

0.0,99.0/0.071,105.0/0.2,111.0/0.343,117.0/0.514,123.0/0.728,129.0/0.885,135
.0/1.0,141.0

D7M FUNCTION RN1,C8

0.0,99.0/0.1,105.0/0.214,111.0/0.371,117.0/0.542,123.0/0.713,129.0/0.856,135
.0/0.999,141.0

D5D FUNCTION RN1,C8

0.0,105.0/0.071,105.0/0.142,111.0/0.313,117.0/0.484,123.0/0.67,129.0/0.87,13
5.0/1.0,141.0

```

INITIAL      X$PADLIX1,0
INITIAL      X$PADLIX2,0
INITIAL      X$BOTADERO,0
BOT5         STORAGE      6
PAD7         STORAGE      6
              GENERATE    , , , 6
              ASSIGN MIN1,33.525
COL1         QUEUE COLEX1
              SEIZE EXC1
              DEPART COLEX1
              ADVANCE FN$C1M
              RELEASE EXC1
              ADVANCE FN$T17LM
              ENTER PAD7
              ADVANCE FN$D7M
              SAVEVALUE PADLIX1+,P$MIN1
              LEAVE PAD7
              ADVANCE FN$T71V
              TRANSFER ,COL1
              GENERATE    , , , 6
              ASSIGN MIN2,33.525
COL2         QUEUE COLEX2
              SEIZE EXC2
              DEPART COLEX2
              ADVANCE FN$C2M
              RELEASE EXC2
              ADVANCE FN$T27LM
              ENTER PAD7
              ADVANCE FN$D7M
              SAVEVALUE PADLIX2+,P$MIN2
              LEAVE PAD7
              ADVANCE FN$T72V
              TRANSFER ,COL2
              GENERATE    , , , 6
              ASSIGN DES1,33.525

```

```
COL3      QUEUE COLEX3
          SEIZE EXC3
          DEPART COLEX3
          ADVANCE FN$C4D
          RELEASE EXC3
          ADVANCE FN$T45LD
          ENTER BOT5
          ADVANCE FN$D5D
          SAVEVALUE BOTADERO+,P$DES1
          LEAVE BOT5
          ADVANCE FN$T54V
          TRANSFER ,COL3
          GENERATE 36000
          TERMINATE 1
          START 1
```

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 RESULTADO DE LA SIMULACIÓN

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	
EXC1	126	0.424	121.262	1	0	0	0	
EXC2	156	0.534	123.276	1	0	0	0	
EXC3	136	0.460	121.857	1	0	0	0	
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME		
COLEX1	5	0	126	83	0.082	23.356		
COLEX2	5	0	156	105	0.083	19.147		
COLEX3	5	0	136	96	0.097	25.803		
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.
BOT5	6	5	0	2	133	1	0.448	0.075
PAD7	6	4	0	4	275	1	0.908	0.151
SAVEVALUE	RETRY	VALUE						
PADLIX1	0	4023.000						
PADLIX2	0	5129.325						
BOTADERO	0	4425.300						

5.2 INTERPRETACIÓN Y VALIDACION DE LOS RESULTADOS

El porcentaje de utilización de las excavadoras son muy bajas, la excavadora 365 tiene un porcentaje de utilización de 42.4 %, la excavadora # 2 con un porcentaje de utilización de 53.4 % y la excavadora # 7 con 46.0 %.

La producción de mineral coincide en un 98.5 % respecto al sistema real y el de desmonte en 99.0%.

Tabla 5.1: Utilización de las excavadoras y su producción.

Excavadoras	Utilización (%)	Producción (ton)
Excavadora 365	42.4	4023.0
Excavadora # 2	53.4	5129.325
Excavadora # 7	46.0	4425.3

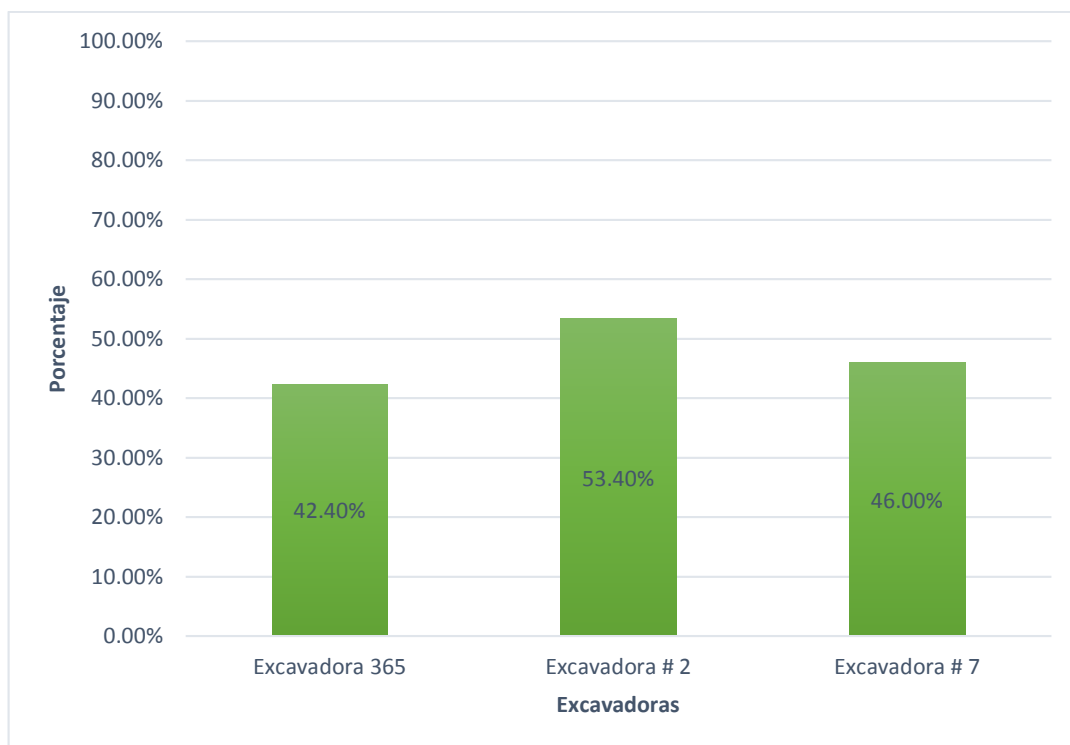


Figura 5.1: Porcentaje de utilización de las excavadoras.

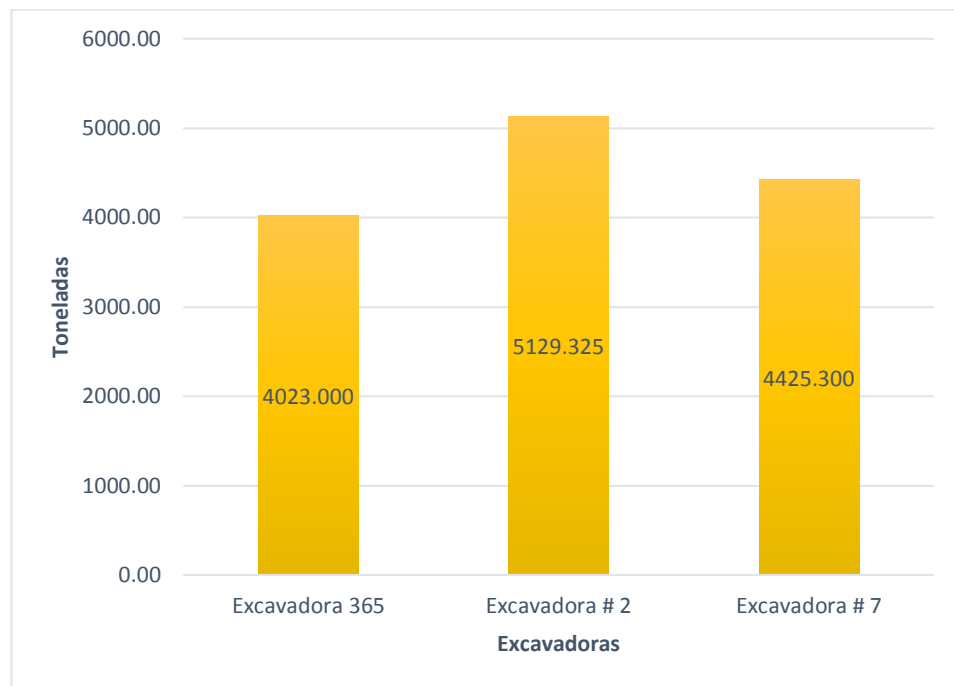


Figura 5.2: Producción de las excavadoras.

5.2.1 Validación

Para validar nuestro modelo elegimos una variable de estado que en este caso es el tonelaje de mineral producido durante una guardia, es decir 12 horas.

Tabla 5.2: Aproximación del modelo.

	TONELAJE POR GUARDIA (ton)	APROXIMACIÓN (%)
Modelo mineral	9152.325	98.5
Sistema real mineral	9018.225	
Modelo desmonte	4470.0	99.0
Sistema real desmonte	4425.3	

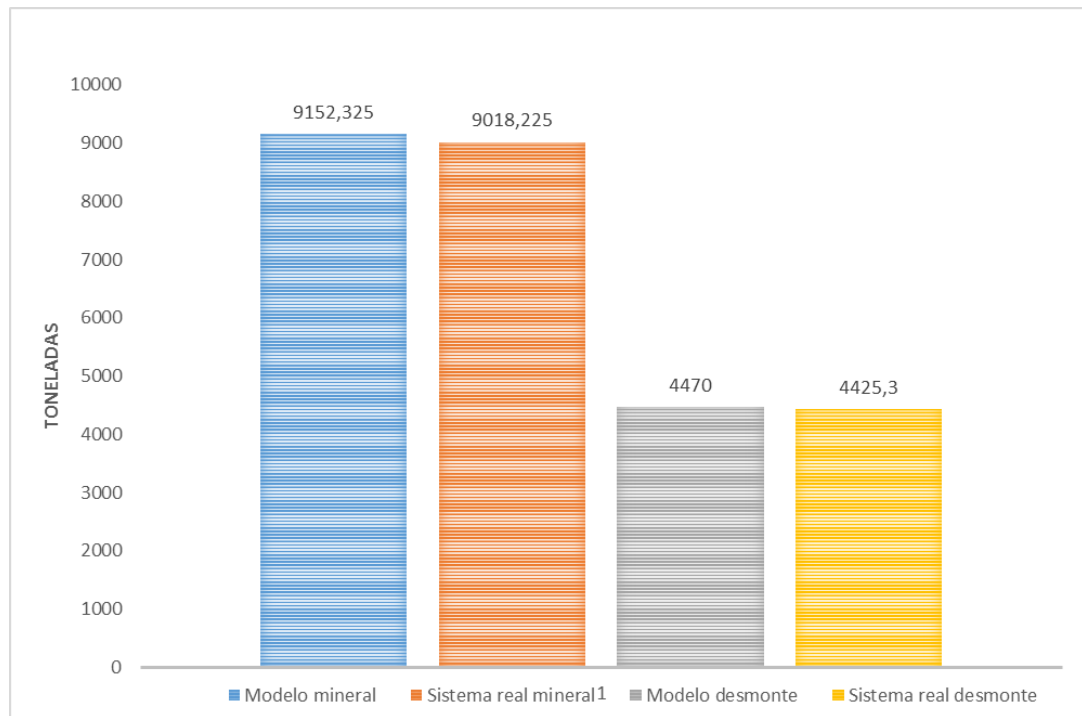


Figura 5.3: Comparación de la producción de mineral y desmante del modelo vs el sistema real.

CAPITULO VI

MODELO ALTERNATIVO

6.1 VARIABLES DE SENSIBILIDAD

6.1.1 Velocidad de los camiones

Se realizó el análisis de la utilización de las excavadoras los cuales se muestran en la tabla 5.1, tienen condiciones para realizar un análisis ya que se puede proponer opciones para elevar su utilización y con ello incrementar la producción del ciclo de transporte aplicado a nuestra unidad minera.

Para incrementar la utilización de las excavadoras se propone en primer lugar aumentar la velocidad a 30 km/h vacío y 20 km/h cargado, sin modificar la asignación de los números de camiones y así disminuir los ciclos. A continuación se simula el modelo y se presenta el siguiente resultado.

Tabla 6.1: Utilización de las excavadoras y aumento de la producción al aumentar las velocidad.

	Utilización (%)	Incremento (%)	Producción (ton)
Excavadora 365	72.6	71.2	7107.3
Excavadora # 2	89.7	68.0	8682.975
Excavadora # 7	78.5	70.6	7677.225

Con este análisis se debe aumentar la velocidad de los camiones ya que presenta mayor incidencia en el incremento del tonelaje de mineral.

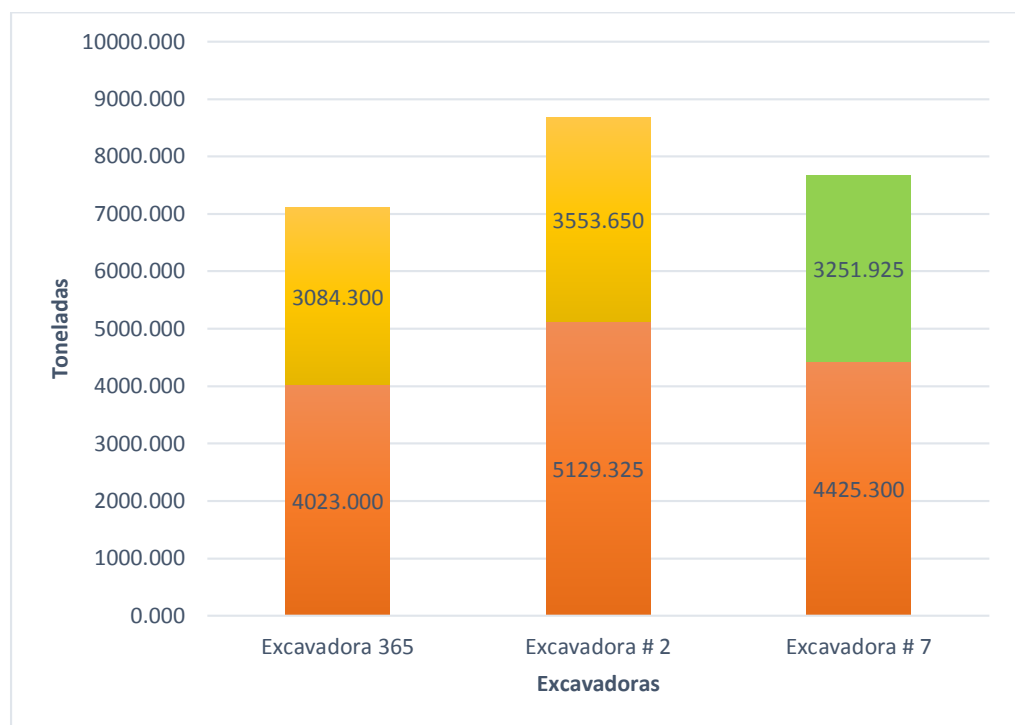


Figura 6.1: Variación en la producción por el aumento de la velocidad de los camiones.

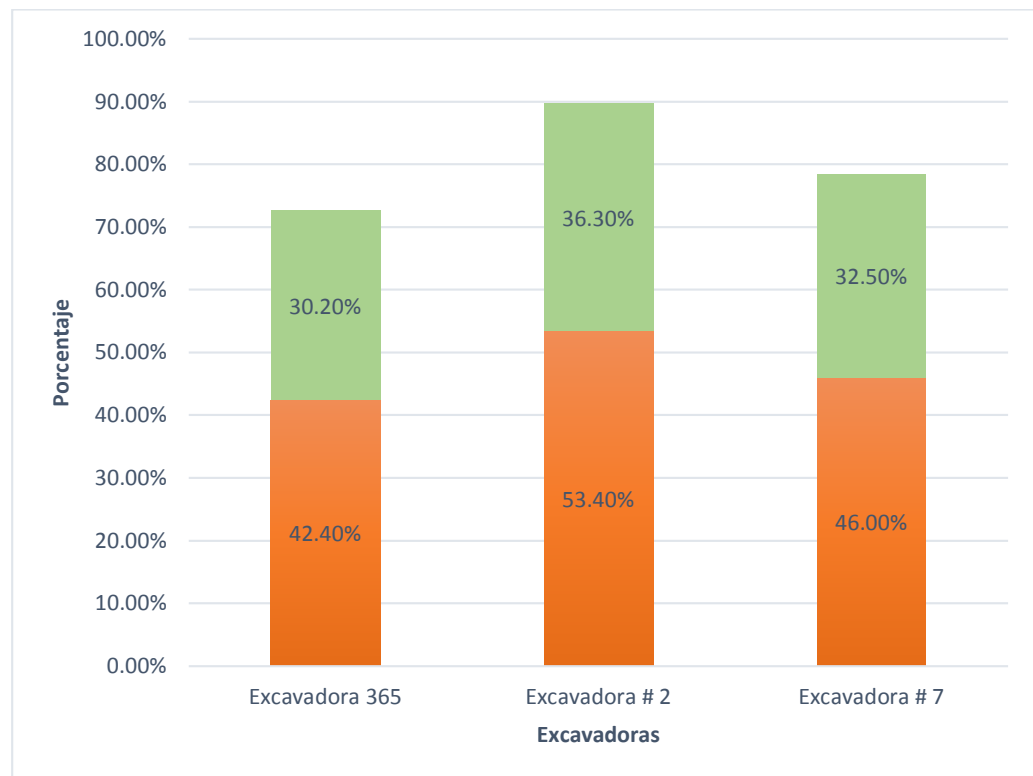


Figura 6.2: Incremento de la utilización de las excavadoras por el aumento de la velocidad de los camiones.

6.1.2 La asignación de los camiones

Ahora si cambiamos la distribución de camiones y cumpliendo con el plan de minado indicado con un stripping ratio (waste/mineral) de 0.38.

Estos cambios podemos cuantificarlo, gracias a la simulación. Para empezar el inicio de la guardia se tiene que asignar una flota a cada frente de trabajo. Y gracias a la simulación podemos cuantificarlo, lo cual nos indica que debemos asignar 7 camiones a la “excavadora 365” en el frente de minado 1, 6 camiones a la “excavadora # 2” en el frente de minado 2 y 5 camiones a la “excavadora # 7” en el frente de minado 4, dando inicio a la guardia con esa distribución.

Observamos que con la nueva distribución de los camiones se obtiene mejores resultados en general. Aumentamos la producción de mineral en 1139.85 toneladas con respecto a la asignación de 6 camiones por frente de minado, además con este aumento en la producción de mineral mantenemos el striping ratio planificado que es de 0.38, que no se cumplía en los planes anteriores, porque el striping ratio era 0.48.

Tabla 6.2: Comparación de la utilización y producción asignada vs modificada.

	Utilización asignada (%)	Producción (ton)	Utilización nueva (%)	Producción nueva (ton)
Excavadora 365	72.6	7107.3	84.6	8280.675
Excavadora # 2	89.7	8682.975	89.0	8649.45
Excavadora # 7	78.5	7677.225	65.5	6436.8

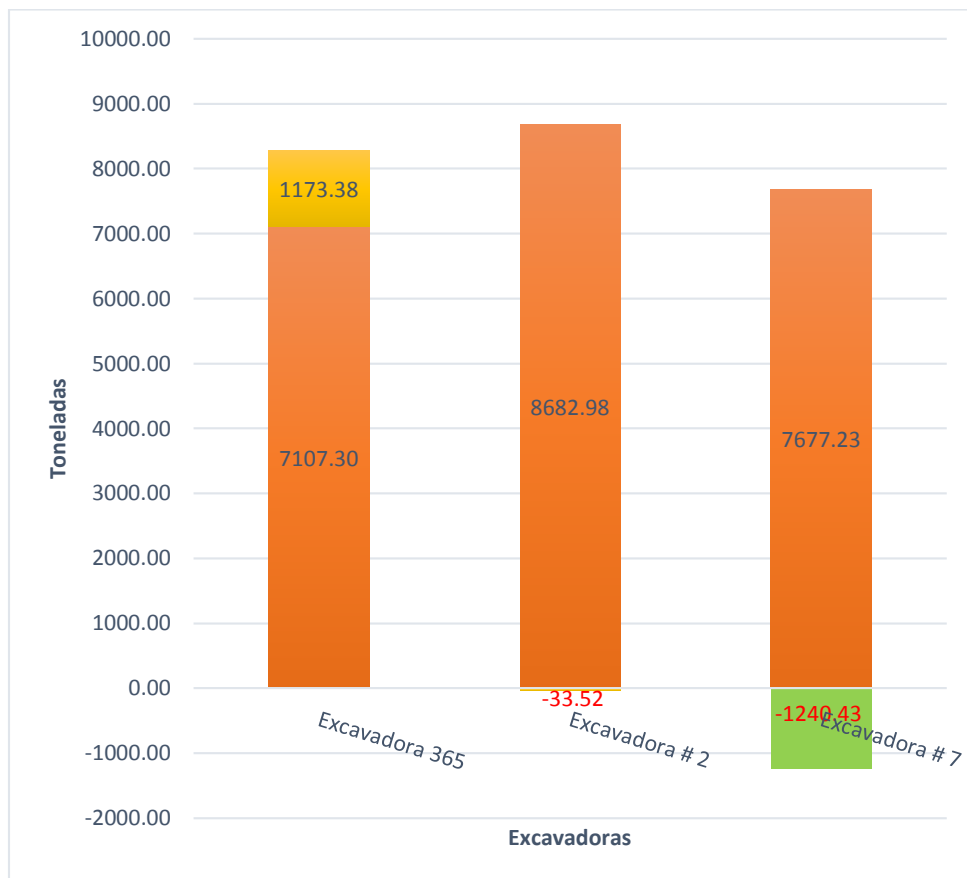


Figura 6.3: Producción de las excavadoras con la nueva distribución de los camiones

6.2 REPLANTEO DEL PROGRAMA

Para estas nuevas condiciones lo que vamos a variar en el programa principal de programación de GPSS, en primer lugar es, disminuir los tiempos en los ciclos (en nuestro modelo son los tiempos de los tramos) y cambiar la asignación de camiones por cada frente, debemos asignar 7 camiones a la “excavadora 365” en el frente de minado 1, 6 camiones a la “excavadora # 2” en el frente de minado 2 y 5 camiones a la “excavadora # 7” en el frente de minado 4.

Los detalles del replanteo y los resultados del modelo se encuentran en el Anexo V.

CAPITULO VII

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

7.1 ANÁLISIS TÉCNICO

Se consultó con los técnicos de la marca de camiones Scania y el Ingeniero Días Artieda Jorge, sobre la posibilidad de aumentar la velocidad de los camiones. Y si recomiendan las velocidades planteadas en la tesis porque están en los rangos permisibles.

7.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Con el modelo probabilístico planteado de modificar los parámetros de operación y sin aumentar los costos tenemos un aumento en la producción en 9789.3 toneladas por guardia, que viene a ser una ganancia de 10,994.64 \$/guardia.

Tabla 7.1: Análisis económico.

Camión costo	58.18 \$/horas
Excavadora costo	159.13 \$/horas

Costo total de todos los equipos por las 10 horas de guardia	15,246.3 \$/guardia
Producción por guardia	13,577.625 toneladas
Nueva producción por guardia	23,366.925 toneladas
Ganancia	10,992.39 \$/guardia



Figura 7.1: Comparación de las producciones.

CONCLUSIONES

1. El modelo probabilístico para una guardia de trabajo nos da un tonelaje total de 9152.325 t, con una aproximación del 98.5% respecto al tonelaje de mineral producido en la mina.
2. Con el modelo probabilístico pudimos identificar los limitantes en el ciclo de minado. Los cuales son la baja utilización de las excavadoras. La excavadora 365 con un porcentaje de utilización de 42.4%, la excavadora # 2 con 53.4% y la excavadora # 7 con 46,0%.
3. Realizando el análisis de sensibilidad y utilizando el modelo probabilístico se recomienda aumentar la velocidad de los camiones en 20 km/hora cargado y 30 km/hora vacío sin modificar la asignación de los camiones, con la cual se logra disminuir los ciclos, aumentar la producción y la eficiencia de las excavadoras. La excavadora 365 con una utilización de 72.6%, la excavadora # 2 con 89.7% y la excavadora # 7 con 78.5%. Y la nueva producción con 23,467.5 toneladas con un striping ratio de 0.48.
4. Notar que a pesar de aumentar la producción y la eficiencia con la asignación dada de 6 camiones por frente de minado, no cumplimos con el striping ratio que pide planeamiento, que es de 0.38 por la cual se tiene que modificar la distribución de los

camiones. Y gracias a la simulación podemos cuantificarlo, lo cual nos indica que debemos asignar 7 camiones a la “excavadora 365” en el frente de minado 1, 6 camiones a la “excavadora # 2” en el frente de minado 2 y 5 camiones a la “excavadora # 7” en el frente de minado 4, dando inicio a la guardia con esa distribución.

5. Con la nueva asignación aumentamos la producción de mineral en 1139.85 toneladas con respecto a la asignación de 6 camiones por frente de minado, además con este aumento en la producción de mineral mantenemos el striping ratio planificado que es de 0.38.

6. La programación del modelo desarrollado usando GPSS ha dado resultados satisfactorios y se adecua a las necesidades operacionales contempladas.

7. El GPSS es adecuado para modelar este tipo de transporte abordado.

8. Este modelo probabilístico permitirá tomar buenas decisiones al jefe de guardia de operaciones.

9. La técnica de simulación, es una herramienta sofisticada para diseñar alternativas de escenarios diferentes, con el objetivo de identificar los factores limitantes del sistema de producción y con ello realizar la toma de decisiones para incrementar la productividad.

10. Se recomienda hacer una evaluación técnica y económica de la asignación de los camiones antes de iniciar la guardia.

11. Los datos de los tiempos de carguío y acarreo se tienen que tener un control estadístico por guardia y temporada. En los meses de enero, febrero y marzo se tiene la nevada (lluvia), en los meses de junio a agosto la neblina.

BIBLIOGRAFÍA

1. MARÍN S., Alfredo (2015). Apuntes del curso “Análisis de Sistemas Mineros”. Aulas de la Escuela profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica, Universidad Nacional de Ingeniería.
2. MARÍN S., Alfredo (2013). Apuntes del curso “Geoestadística I”. Aulas de la Escuela profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica, Universidad Nacional de Ingeniería.
3. MARÍN S., Alfredo (2013). Apuntes del curso “Geoestadística II”. Aulas de la Escuela profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica, Universidad Nacional de Ingeniería.
4. MARÍN S., Alfredo. (1974). Simulación con GPSS. Cuarto seminario latinoamericano de investigación operativa aplicada a la industria minera Santiago de Chile.
5. DÍAZ A., Jorge Gustavo. “Conversación sobre los planes estratégicos de la facultad y sobre su experiencia en la minería”. Aulas de la Escuela profesional de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica, Universidad Nacional de Ingeniería. 2 de Abril del 2015.
6. TEVES R., Augusto. Aplicación de la función inversa y el método Montecarlo en la simulación de las operaciones mineras. Agosto del 2012.
Tesis (Ing.): Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica.
7. MENDOZA A., Iván. Modelo probabilístico del ciclo minado y transporte de mineral en la unidad minera El Porvenir –Milpo. 2004.
Tesis (Ing.): Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica.
8. WONG V., Javier. Modelo probabilístico del transporte de mineral en el tajo Raúl Rojas dela Unidad Minera Paragsha en Cerro de Pasco. Diciembre del 2012.
Tesis (Br): Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica.

9. AGREDA T., Carlos (1994). Investigación de operaciones. Primera edición, 257p.
10. IBM. (1971) General Purpose Simulation System/360. Introductory User's Manual (H20-0326).
11. TAHA A., Hamdy (2004). Investigación de operaciones. Séptima edición, 463p.

ANEXOS

Anexo 1: Representación del modelo del tajo.

Anexo 2: Tiempos de carguío, acarreo y descarga de mineral y desmonte.

Anexo 3: Tratamiento estadístico de los tiempos.

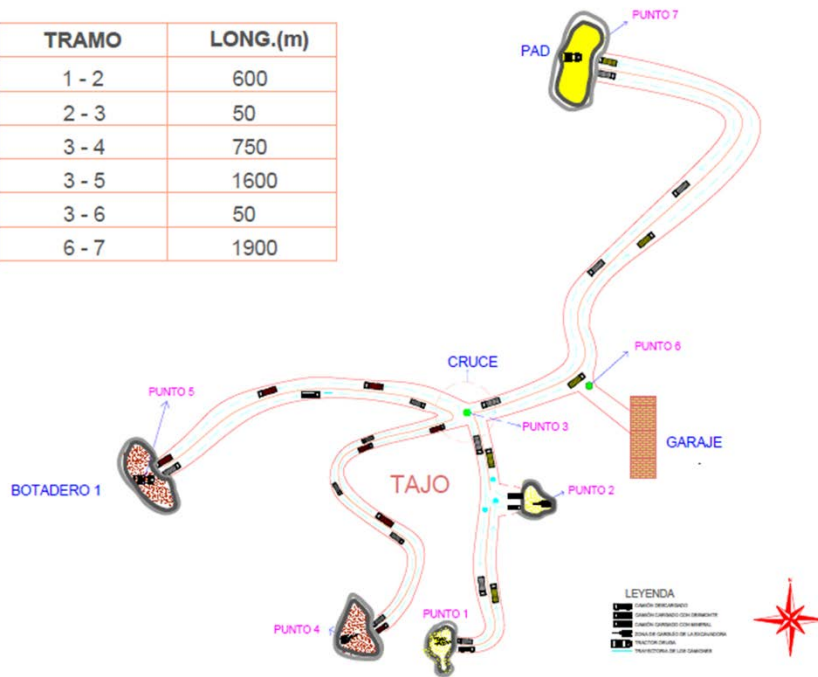
Anexo 4: Diagrama de bloques del modelo probabilístico.

Anexo 5: Replanteo y resultados del nuevo modelo.

Anexo N° 1

DIAGRAMA DE LAS RUTAS DE TRANSPORTE

TRAMO	LONG.(m)
1 - 2	600
2 - 3	50
3 - 4	750
3 - 5	1600
3 - 6	50
6 - 7	1900



Anexo N° 2

Tiempo de carguío en el primer punto del tajo en segundos.

105	111	120	131	133	140	128
127	116	115	129	133	117	137
132	107	102	136	119	118	116
104	125	118	107	123	122	127
101	106	131	121	138	132	125
113	108	135	122	127	116	108
104	109	121	134	128	125	128
104	124	127	128	132	131	136
139	122	115	116	113	117	130
120	110	116	122	133	138	109

Tiempo de carguío en el segundo punto del tajo en segundos.

108	107	138	127	117	140	100
110	120	130	108	116	129	133
123	117	118	138	131	111	115
128	133	128	116	131	137	129
110	103	116	129	101	108	133
127	127	129	120	132	116	112
104	107	112	127	119	123	126
127	134	135	131	137	129	110
115	117	127	129	137	139	140
128	118	115	117	123	117	129

Tiempo de carguío en el cuarto punto del tajo en segundos.

116	128	137	127	132	116	108
110	134	121	110	100	137	139
127	114	125	135	137	127	128
119	106	118	104	131	122	121
122	126	115	109	131	127	139
133	127	104	116	103	104	134
107	110	125	134	123	107	110
115	133	116	112	122	119	131
121	122	125	134	122	139	134
127	125	118	115	125	120	134

Tiempo de descarga en el PAD en segundos.

118	128	126	138	118	115	122
132	118	100	111	117	131	140
110	112	140	137	122	126	124
115	116	113	127	131	136	101
108	123	134	127	133	139	119
129	113	115	108	109	117	133
131	127	123	126	133	137	138
133	128	109	111	110	117	113
115	118	121	107	121	139	133
140	100	102	101	107	103	104

Tiempo de descarga en el botadero (punto 5) en segundos.

120	114	102	104	108	113	115
116	128	132	133	129	101	116
113	129	133	137	127	107	109
120	100	110	140	130	119	117
139	140	117	116	115	135	127
113	128	118	137	116	107	104
134	128	124	127	118	129	123
134	132	128	137	122	115	119
131	119	121	131	137	112	133
128	127	120	136	133	128	127

Tiempo del tramo 1-2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral) en segundos.

820	845	835	842	857	863	833
835	843	858	819	838	875	870
859	819	859	869	860	815	822
833	844	855	857	861	841	853
879	877	867	856	846	828	833
842	856	867	869	851	853	839
870	853	847	842	838	818	837
842	856	869	861	827	823	855
834	843	849	837	824	828	819
841	828	837	865	856	869	839

Tiempo del tramo 7-6-3-2-1 (volquetes vacíos) en segundos.

640	655	648	658	660	686	665
669	670	630	690	640	639	631
660	659	681	671	673	647	683
667	669	658	648	635	675	686
656	645	652	658	649	652	657
662	685	674	677	639	657	659
678	673	680	670	631	682	673
649	641	652	657	677	632	637
687	688	657	647	655	648	666
655	649	657	667	657	638	669

Tiempo del tramo 2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral) en segundos.

650	657	651	657	670	678	645
659	672	680	683	662	630	640
660	663	668	674	671	690	660
642	641	655	661	679	671	685
637	644	645	665	666	656	673
688	690	644	652	679	659	638
649	655	666	658	674	679	637
649	650	641	656	647	659	637
648	687	665	655	648	674	639
665	649	658	674	679	636	637

Tiempo del tramo 7-6-3-2 (volquetes vacíos) en segundos.

460	459	485	501	508	510	450
488	477	473	510	483	478	493
498	461	477	466	499	504	453
472	486	478	456	479	489	468
479	486	481	467	469	487	481
490	479	478	486	473	458	473
504	468	488	466	457	474	469
463	457	475	496	483	491	497
502	493	503	509	469	455	457
469	463	475	489	482	498	493

Tiempo del tramo 4-3-5 (volquetes cargados con desmonte) en segundos.

777	768	790	805	777	788	801
810	750	775	777	760	765	759
788	777	809	805	773	777	793
788	780	773	765	775	788	798
790	797	793	787	764	756	762
771	781	757	769	763	754	800
806	779	780	767	788	795	791
756	786	779	762	758	779	774
793	798	791	807	795	787	756
757	792	778	779	750	762	785

Tiempo del tramo 5-3-4 (volquetes vacíos) en segundos.

531	562	562	587	589	610	620
615	613	548	606	607	609	601
600	580	538	568	573	572	574
540	624	619	611	602	571	561
581	586	597	583	589	545	619
621	630	570	567	562	600	620
625	627	548	565	565	574	582
577	523	513	518	588	550	573
584	528	513	559	574	581	588
579	512	591	563	585	595	580

Anexo N° 3

II. TABLAS DE FRECUENCIAS, HISTOGRAMAS Y FUNCIONES ACUMULADAS DE LOS TIEMPOS.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[99-105>	102	5	0.071	0.071
[105-111>	108	9	0.129	0.200
[111-117>	114	10	0.143	0.343
[117-123>	120	13	0.186	0.529
[123-129>	126	13	0.186	0.715
[129-135>	132	12	0.171	0.886
[135-141>	138	8	0.114	1.000

Figura 2.1: Tabla de frecuencias de los tiempos de carguío en el primer punto.

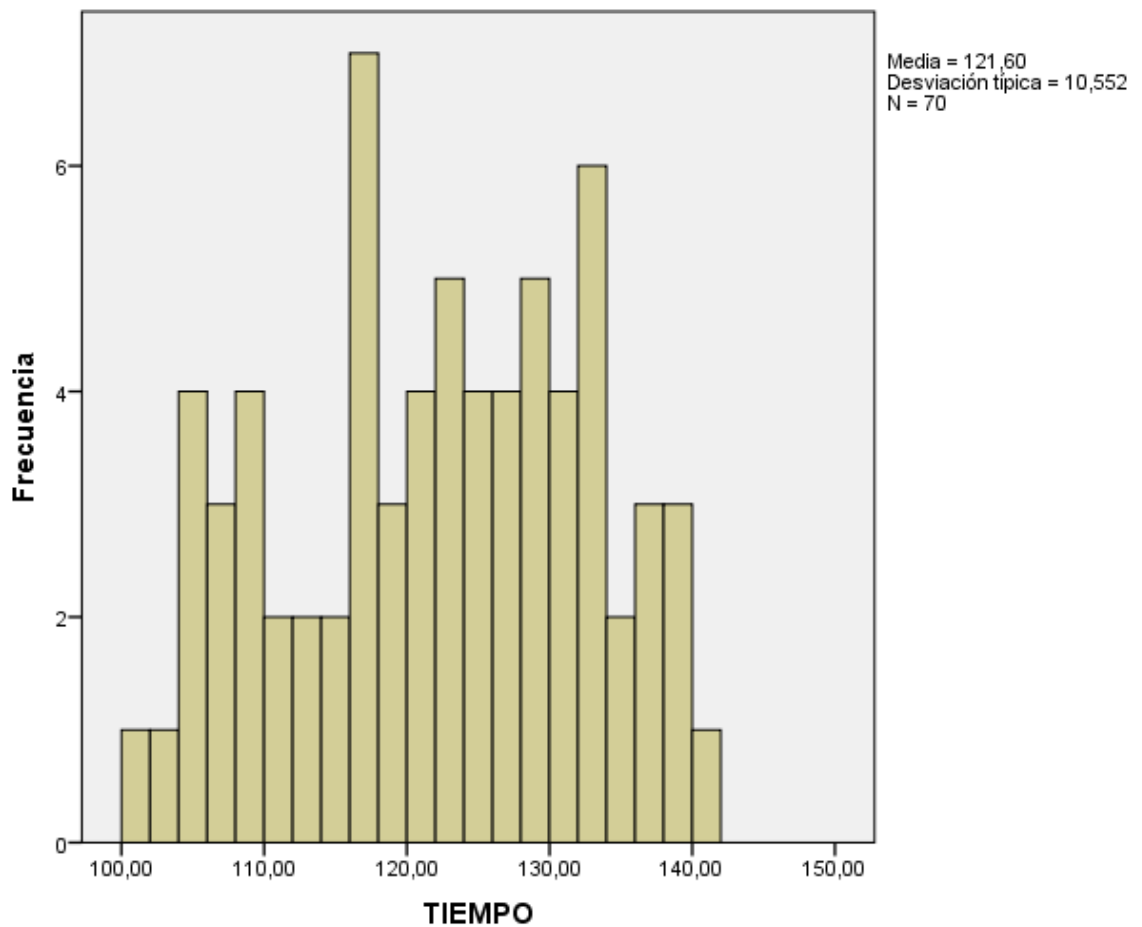


Figura 2.2: Histograma de los tiempos de carguío en el primer punto.

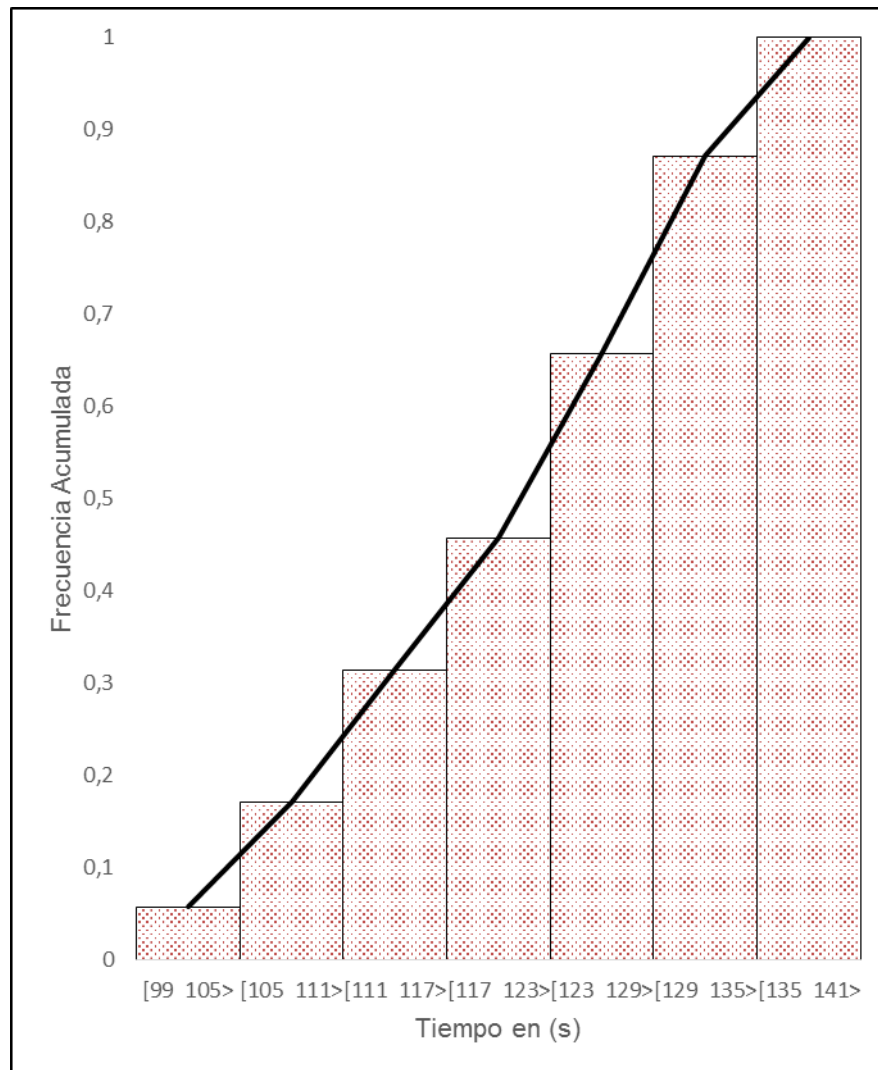


Figura 2.3: Función acumulada de los tiempos de carguío en el primer punto.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[99-105>	102	4	0.057	0.057
[105-111>	108	8	0.114	0.171
[111-117>	114	10	0.143	0.314
[117-123>	120	10	0.143	0.457
[123-129>	126	14	0.200	0.657
[129-135>	132	15	0.214	0.871
[135-141>	138	9	0.129	1.000

Figura 2.4: Tabla de frecuencias de los tiempos de carguío en el segundo punto.

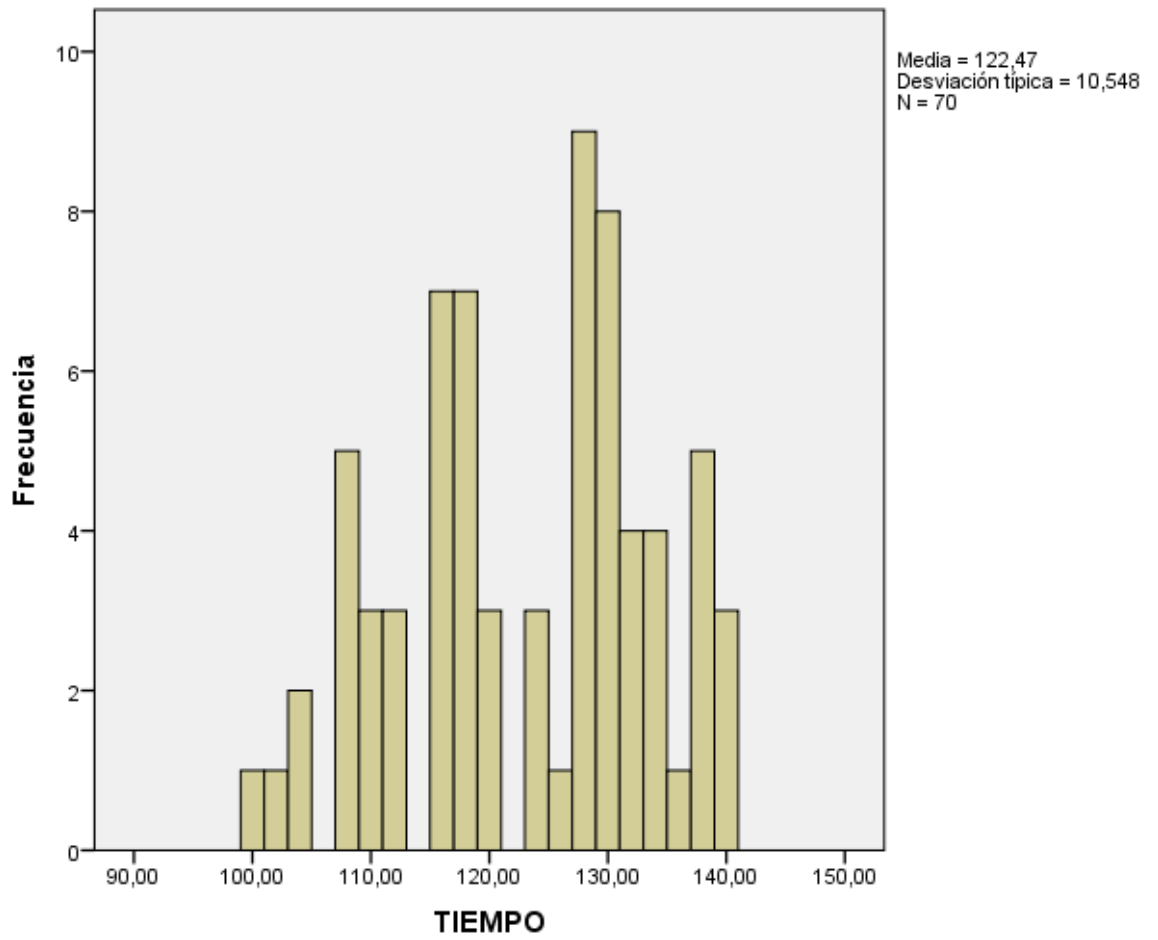


Figura 2.5: Histograma de los tiempos de carguío en el segundo punto.

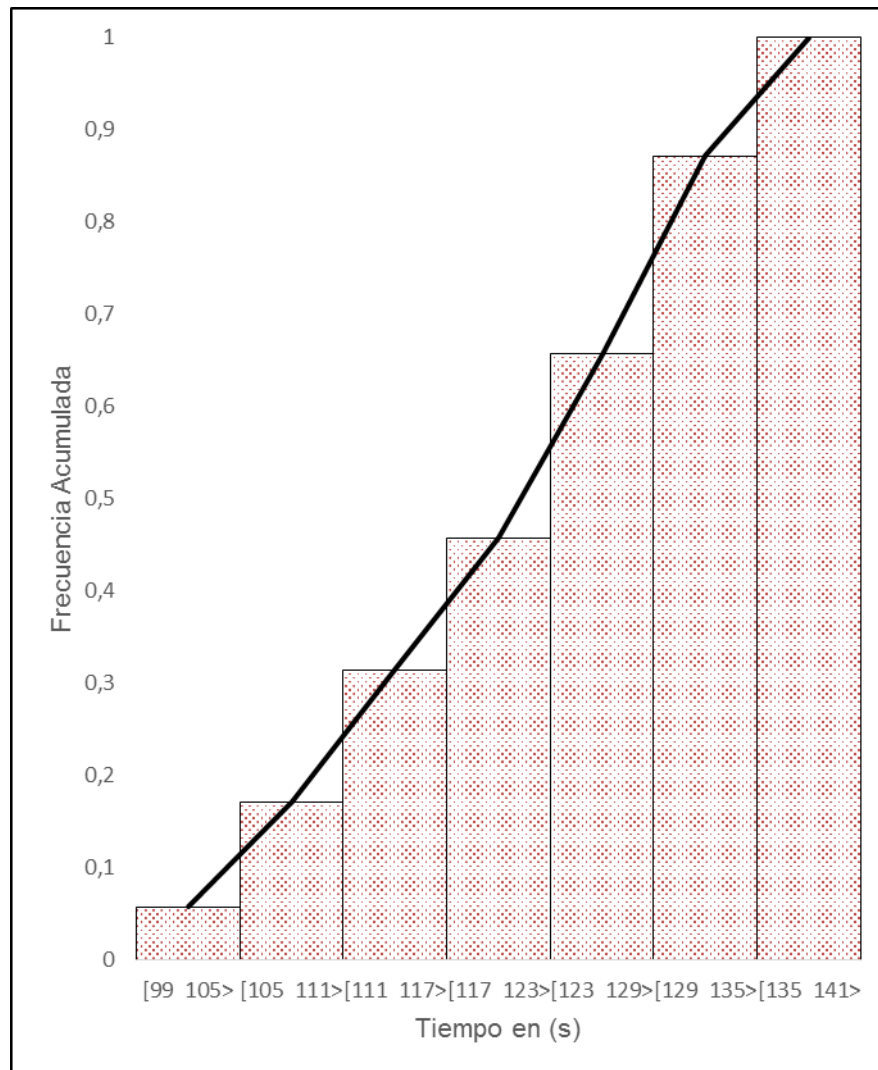


Figura 2.6: Función acumulada de los tiempos de carguío en el segundo punto.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[99-105>	102	5	0.071	0.071
[105-111>	108	9	0.129	0.200
[111-117>	114	10	0.143	0.343
[117-123>	120	12	0.171	0.514
[123-129>	126	15	0.214	0.728
[129-135>	132	11	0.157	0.885
[135-141>	138	8	0.115	1.000

Figura 2.7: Tabla de frecuencias de los tiempos de carguío en el cuarto punto.

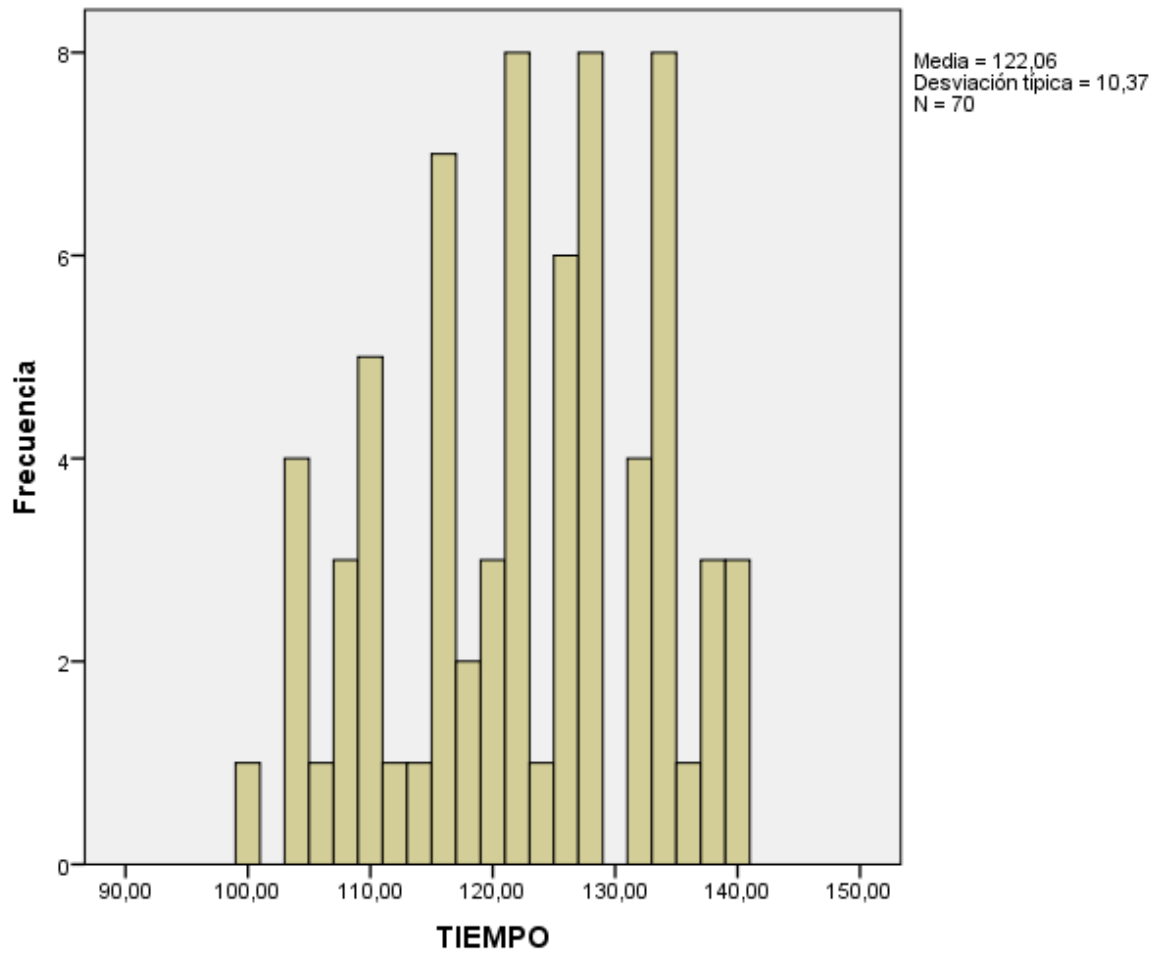


Figura 2.8: Histograma de los tiempos de carguío en el cuarto punto.

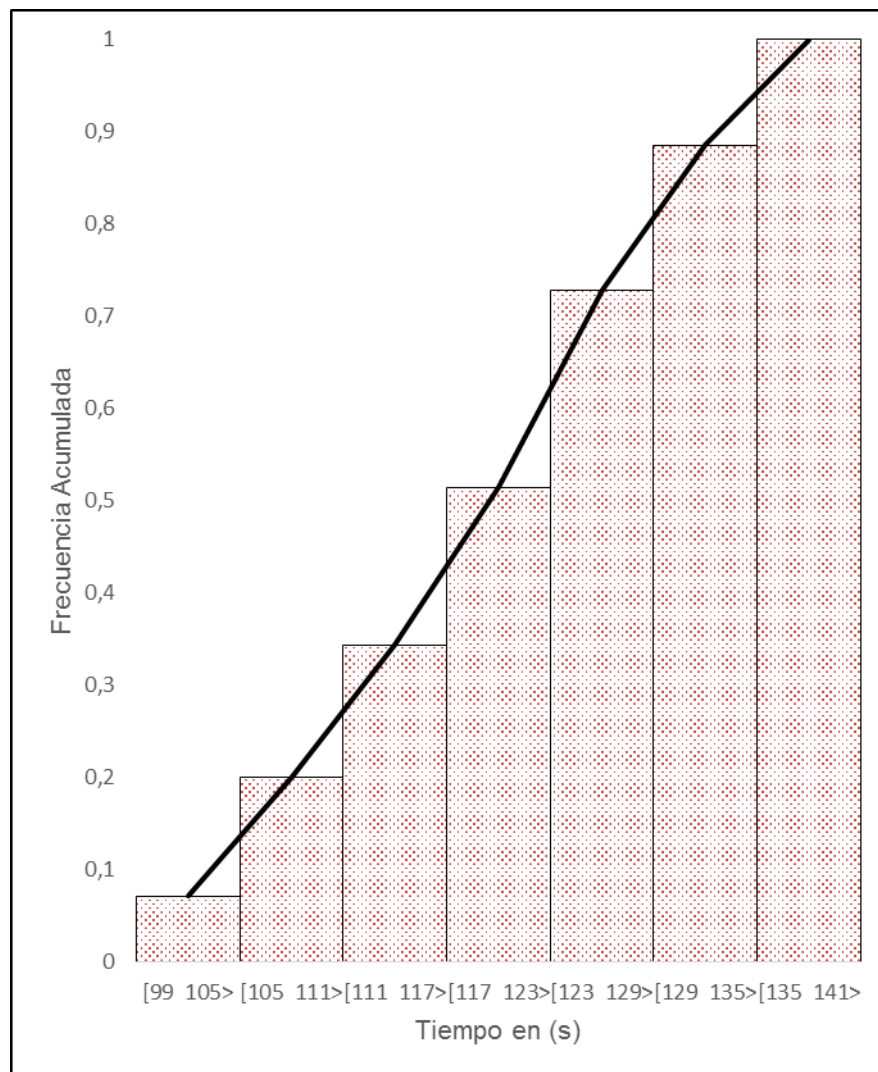


Figura 2.9: Función acumulada de los tiempos de carguío en el cuarto punto.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[99-105>	102	7	0.100	0.100
[105-111>	108	8	0.114	0.214
[111-117>	114	11	0.157	0.371
[117-123>	120	12	0.171	0.542
[123-129>	126	12	0.171	0.713
[129-135>	132	10	0.143	0.856
[135-141>	138	10	0.143	0.999

Figura 2.10: Tabla de frecuencias de los tiempos de descarga en el PAD.

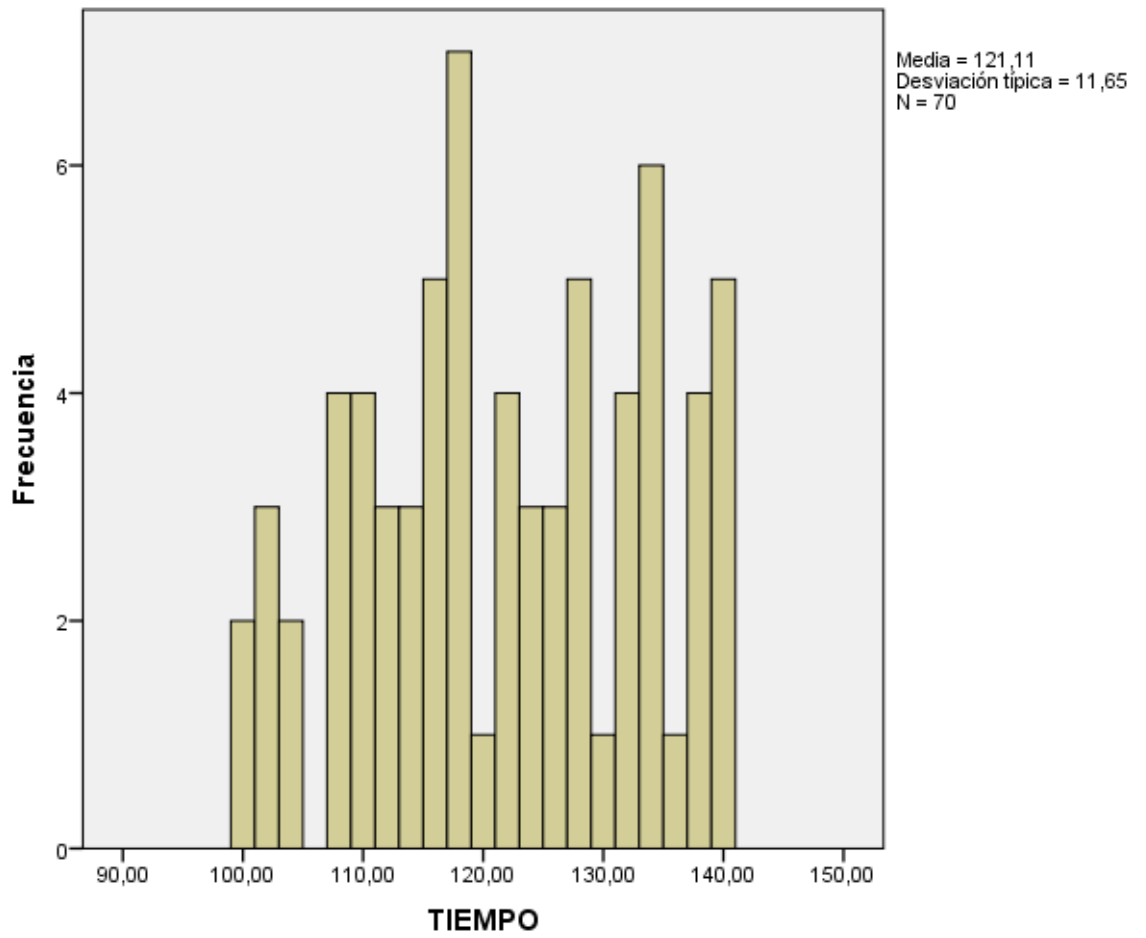


Figura 2.11: Histograma de los tiempos de descarga en el PAD.

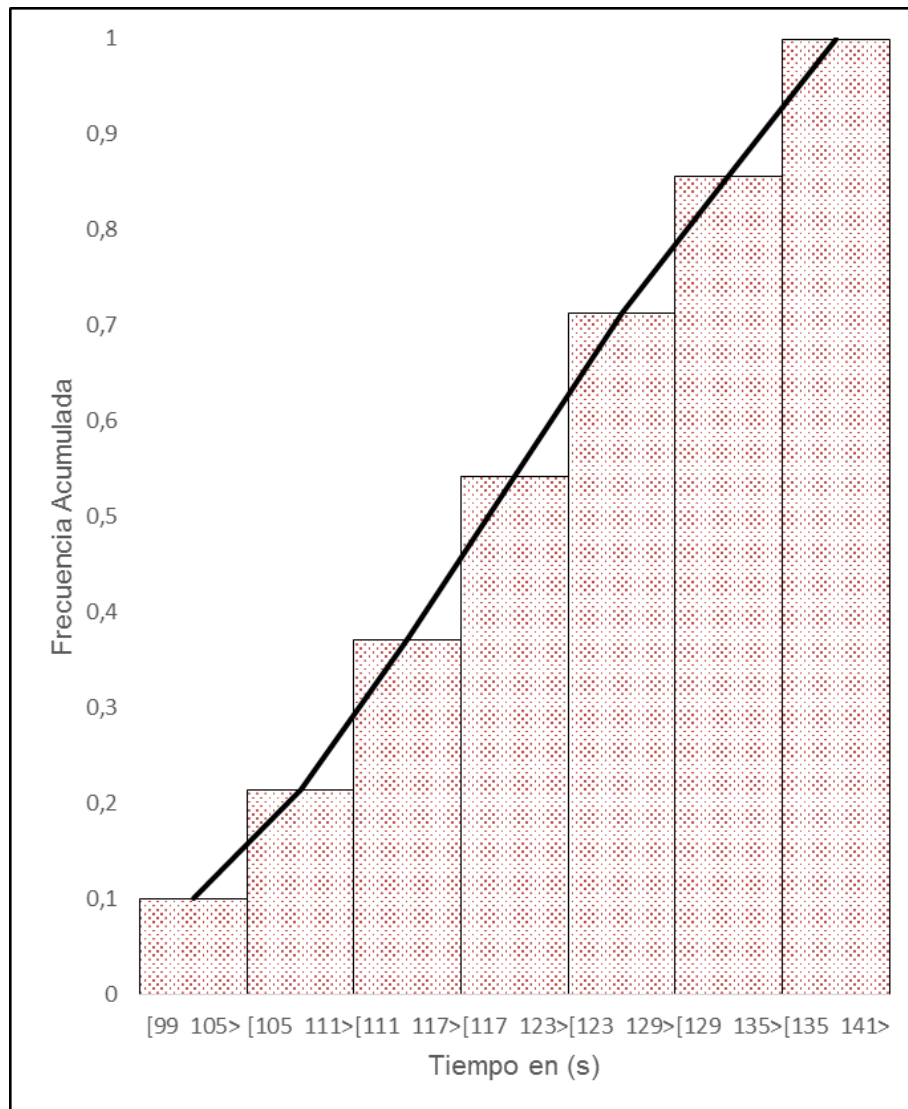


Figura 2.12: Función acumulada de los tiempos de descarga en el PAD.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[99-105>	102	5	0.071	0.071
[105-111>	108	5	0.071	0.142
[111-117>	114	12	0.171	0.313
[117-123>	120	12	0.171	0.484
[123-129>	126	13	0.186	0.670
[129-135>	132	14	0.200	0.870
[135-141>	138	9	0.130	1.000

Figura 2.13: Tabla de frecuencias de los tiempos de descarga en el botadero.

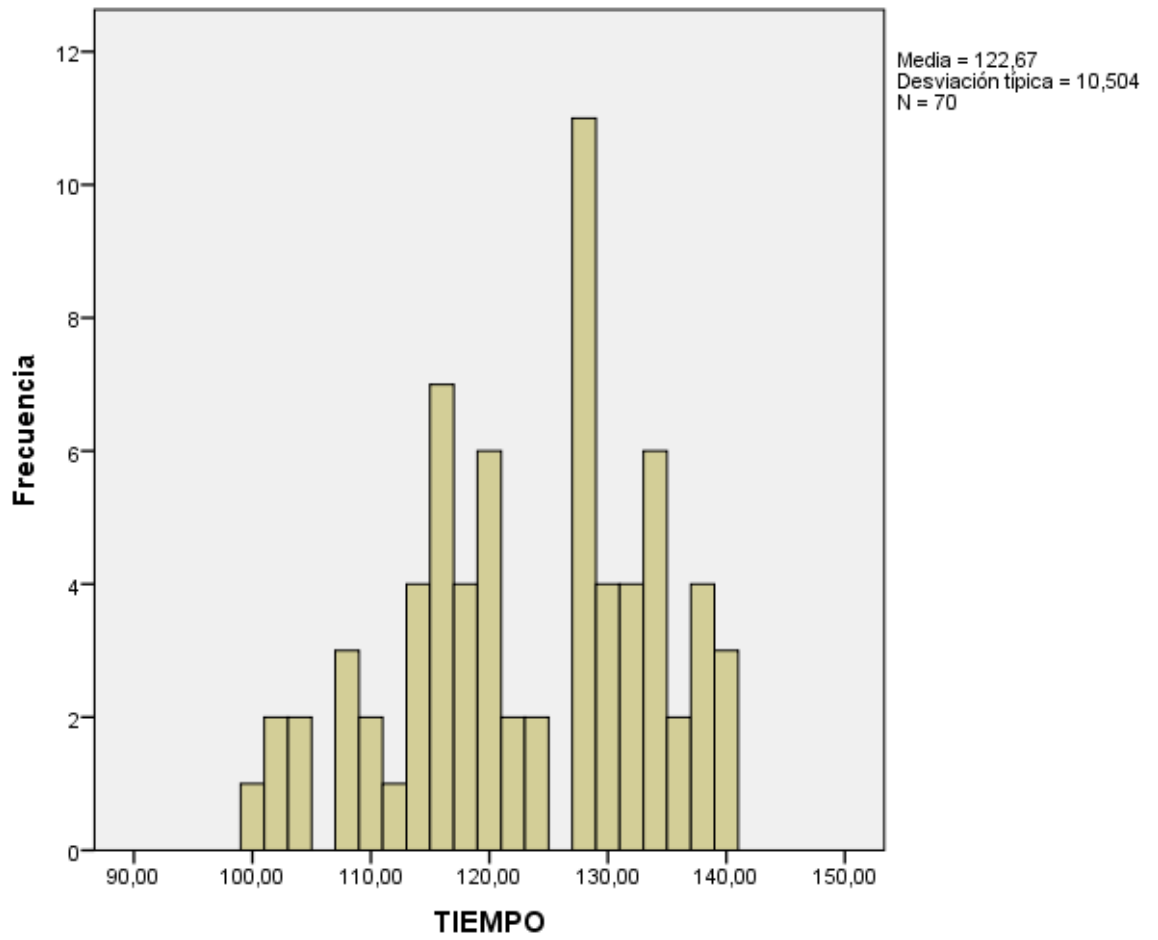


Figura 2.14: Histograma de los tiempos de descarga en el botadero.

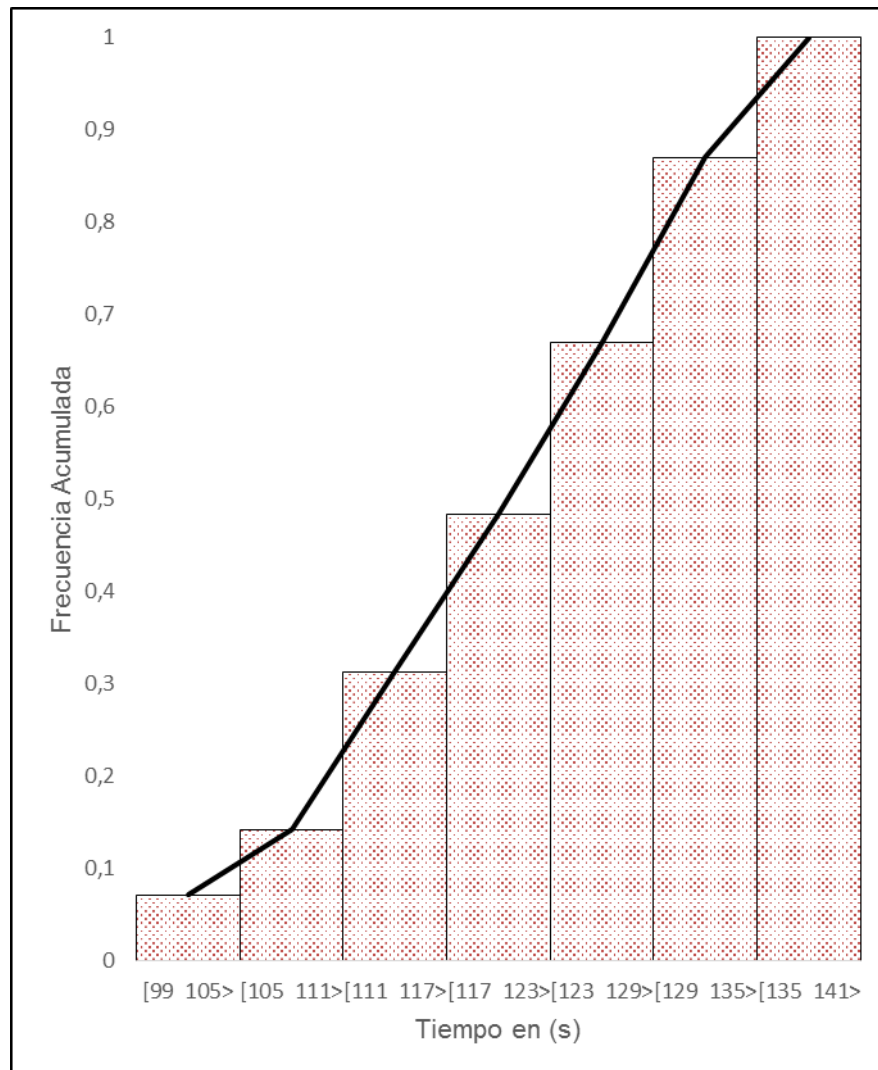


Figura 2.15: Función acumulada de los tiempos de descarga en el botadero.

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[810-820>	815	5	0.070	0.070
[820-830>	825	8	0.110	0.180
[830-840>	835	13	0.190	0.370
[840-850>	845	13	0.190	0.560
[850-860>	855	15	0.210	0.770
[860-870>	865	11	0.160	0.930
[870-880>	875	5	0.070	1.000

Figura 2.16: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 1-2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

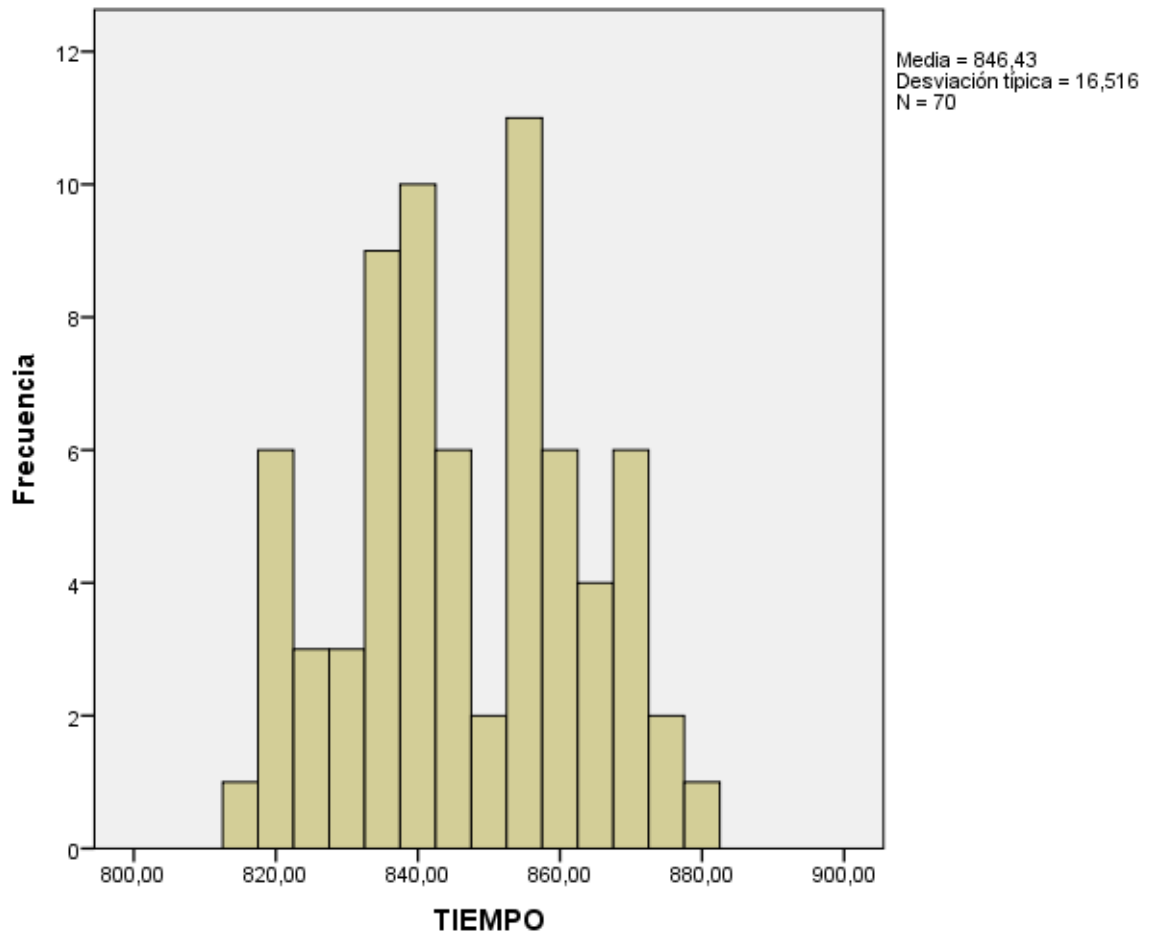


Figura 2.17: Histograma de los tiempos del tramo 1-2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

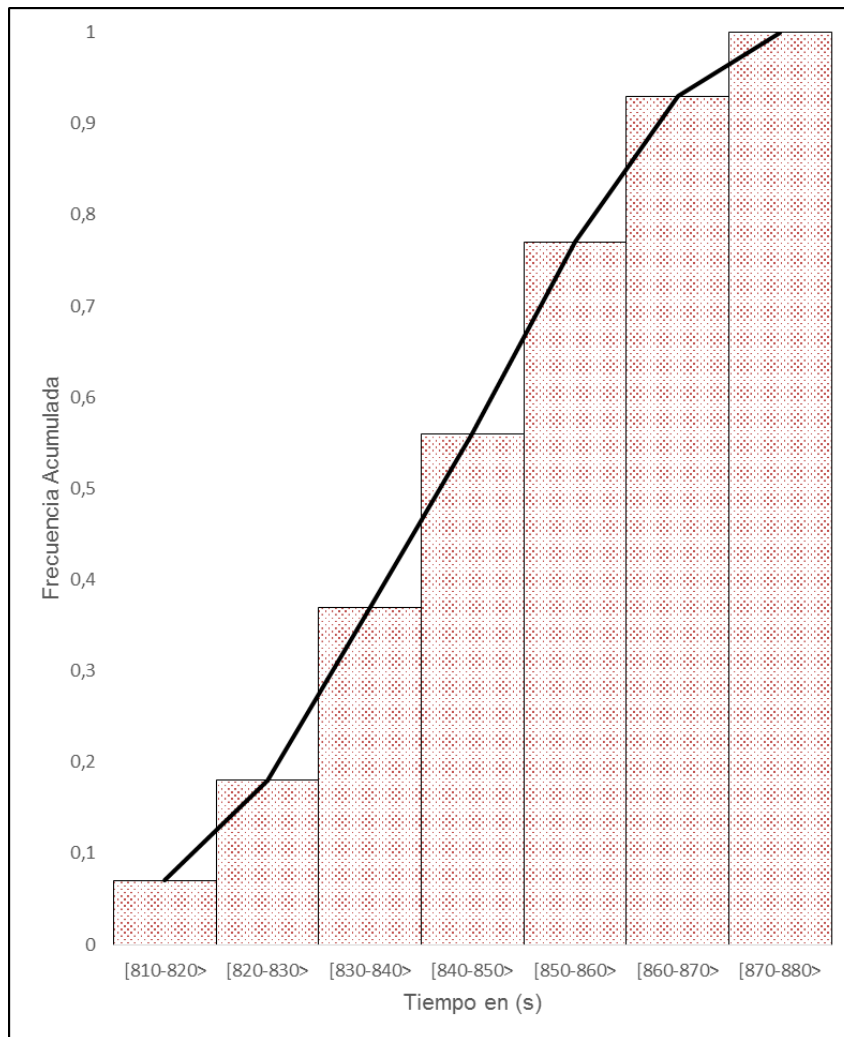


Figura 2.18: Función acumulada de los tiempos del tramo 1-2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[629-638>	633.5	6	0.086	0.086
[638-647>	642.5	7	0.100	0.186
[647-656>	651.5	14	0.200	0.386
[656-665>	660.5	15	0.214	0.600
[665-674>	669.5	13	0.186	0.786
[674-683>	678.5	8	0.114	0.900
[683-692>	687.5	7	0.100	1.000

Figura 2.19: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 7-6-3-2-1 (volquetes vacíos).

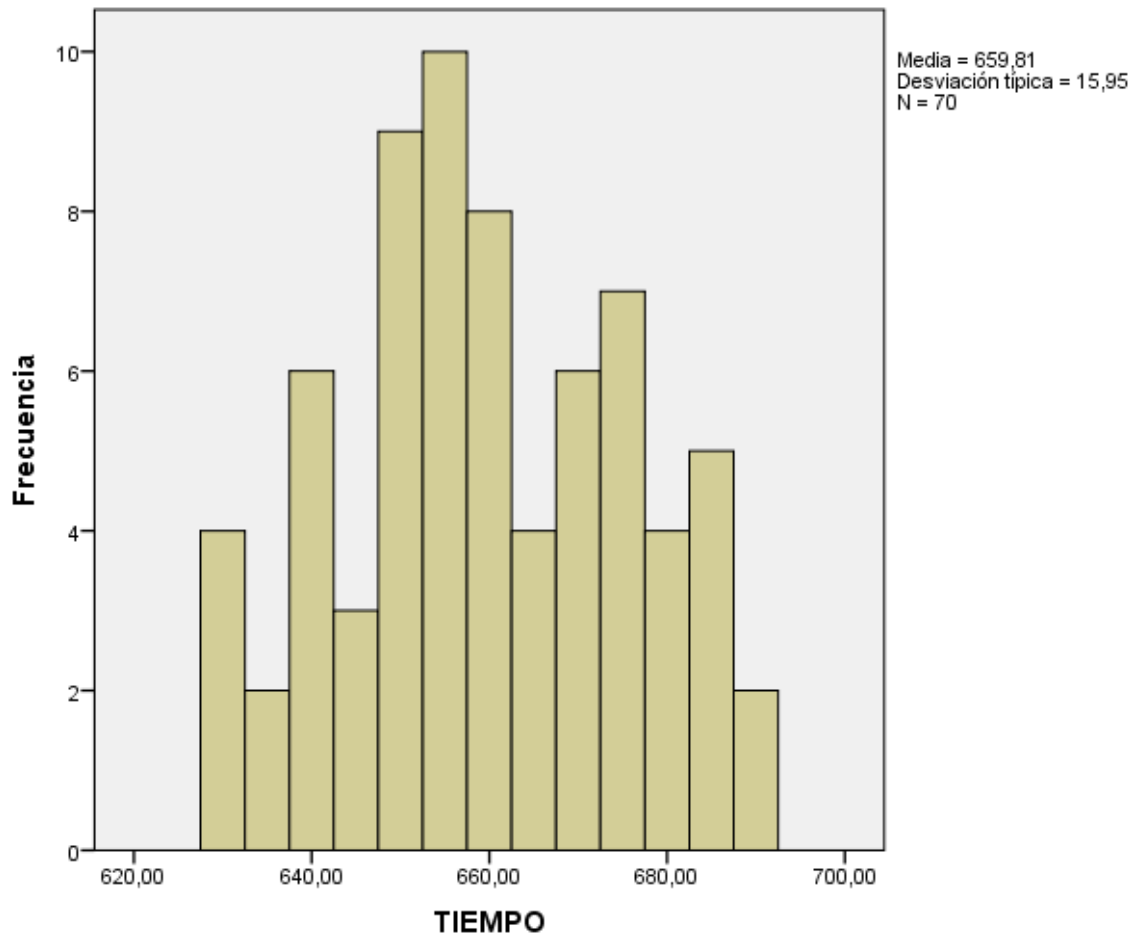


Figura 2.20: Histograma de los tiempos del tramo 7-6-3-2-1 (volquetes vacíos).

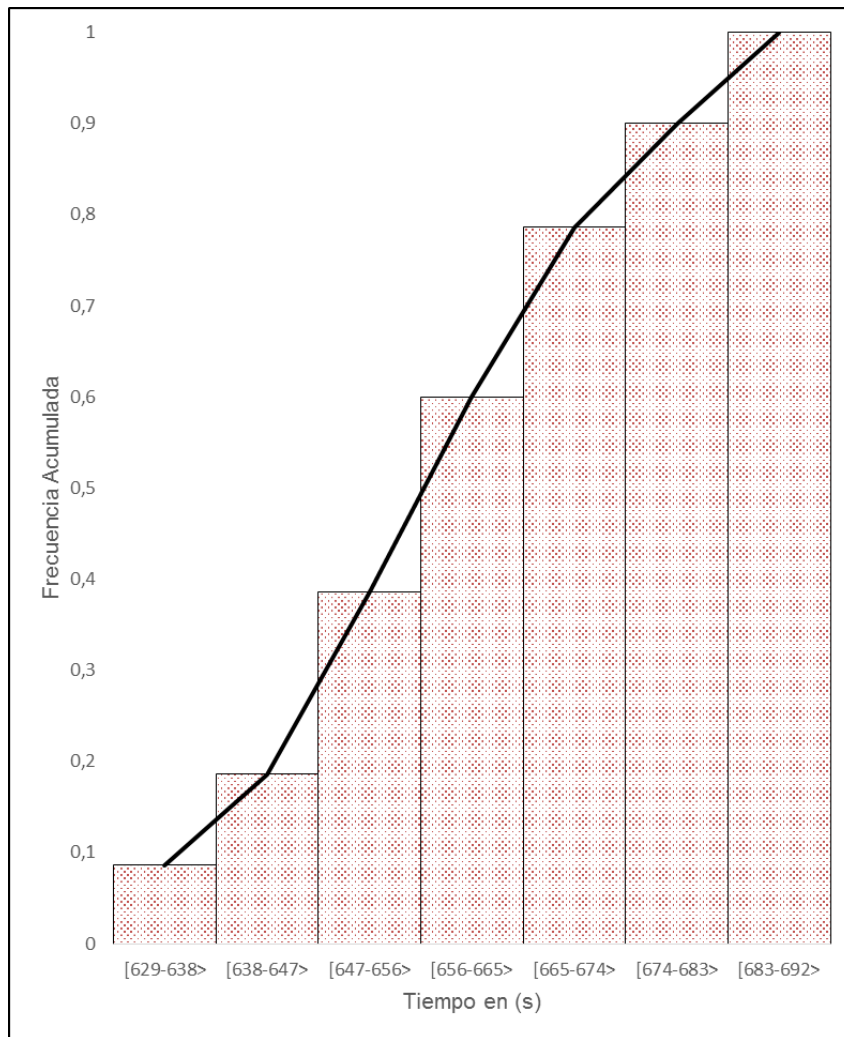


Figura 2.21: Función acumulada de los tiempos del tramo 7-6-3-2-1 (volquetes vacíos).

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[629-638>	633.5	6	0.086	0.086
[638-647>	642.5	10	0.143	0.229
[647-656>	651.5	13	0.186	0.415
[656-665>	660.5	14	0.200	0.615
[665-674>	669.5	11	0.157	0.772
[674-683>	678.5	9	0.128	0.900
[683-692>	687.5	7	0.100	1.000

Figura 2.22: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

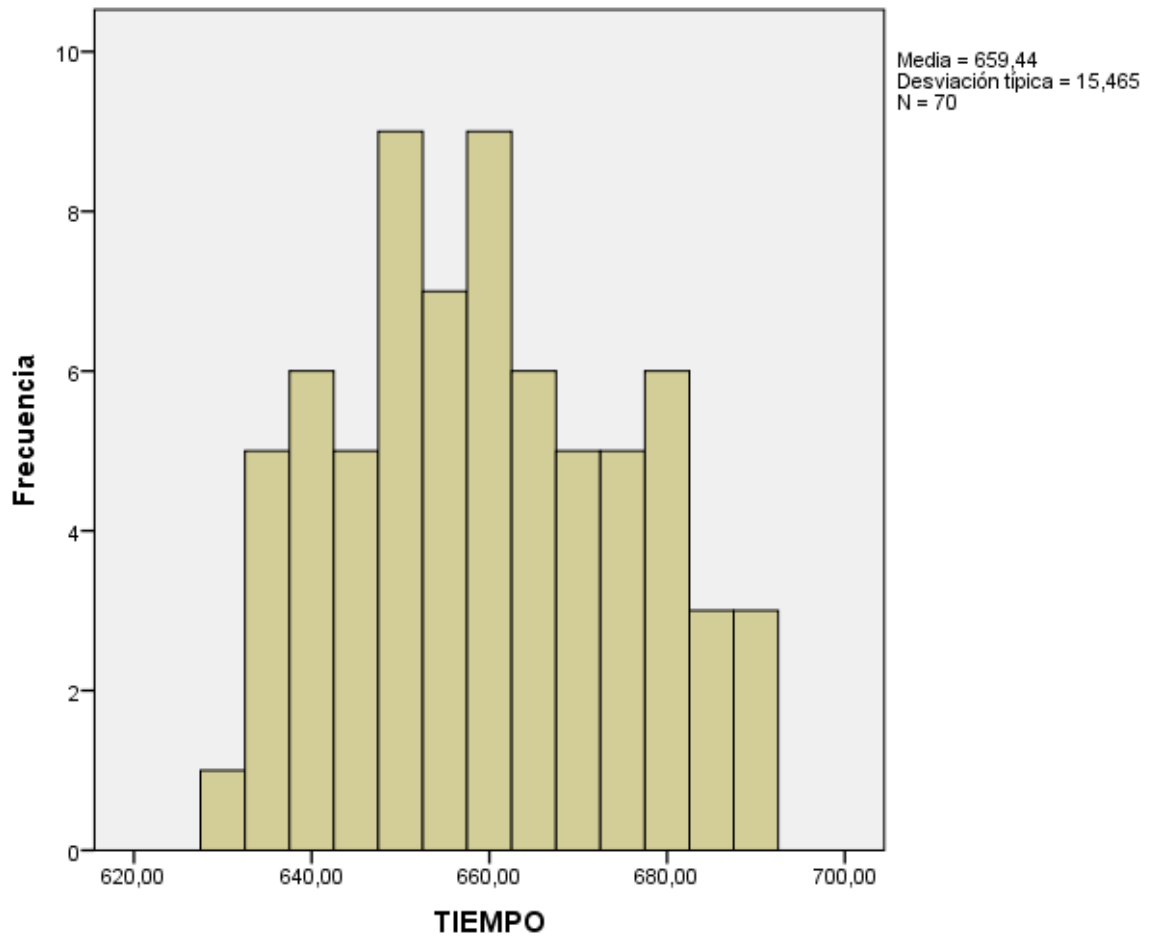


Figura 2.23: Histograma de los tiempos del tramo 2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

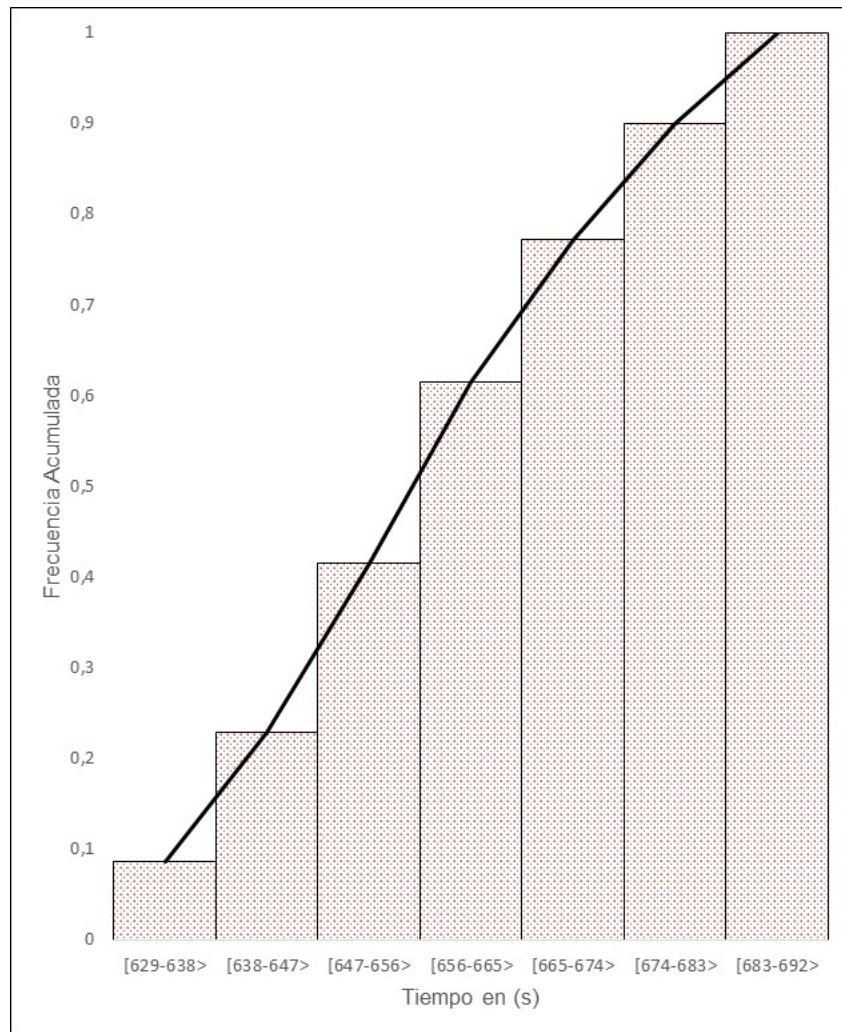


Figura 2.24: Función acumulada de los tiempos del tramo 2-3-6-7 (volquetes cargados con mineral).

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[449-458>	453.5	7	0.100	0.100
[458-467>	462.5	8	0.114	0.214
[467-476>	471.5	14	0.200	0.414
[476-485>	480.5	13	0.186	0.600
[485-494>	489.5	14	0.200	0.800
[494-503>	498.5	7	0.100	0.900
[503-512>	507.5	7	0.100	1.000

Figura 2.25: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 7-6-3-2 (volquetes vacíos).

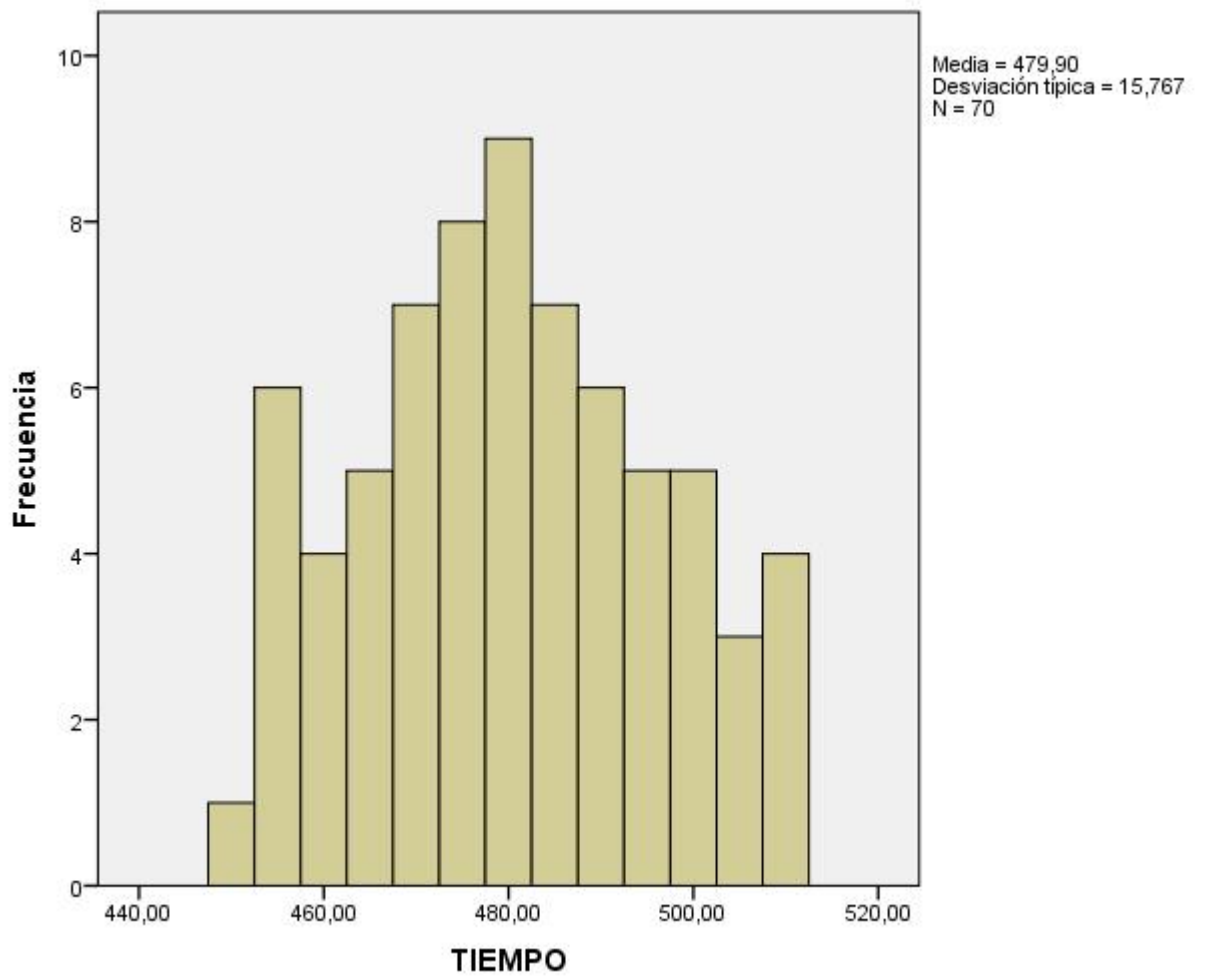


Figura 2.26: Histograma de los tiempos del tramo 7-6-3-2 (volquetes vacíos).

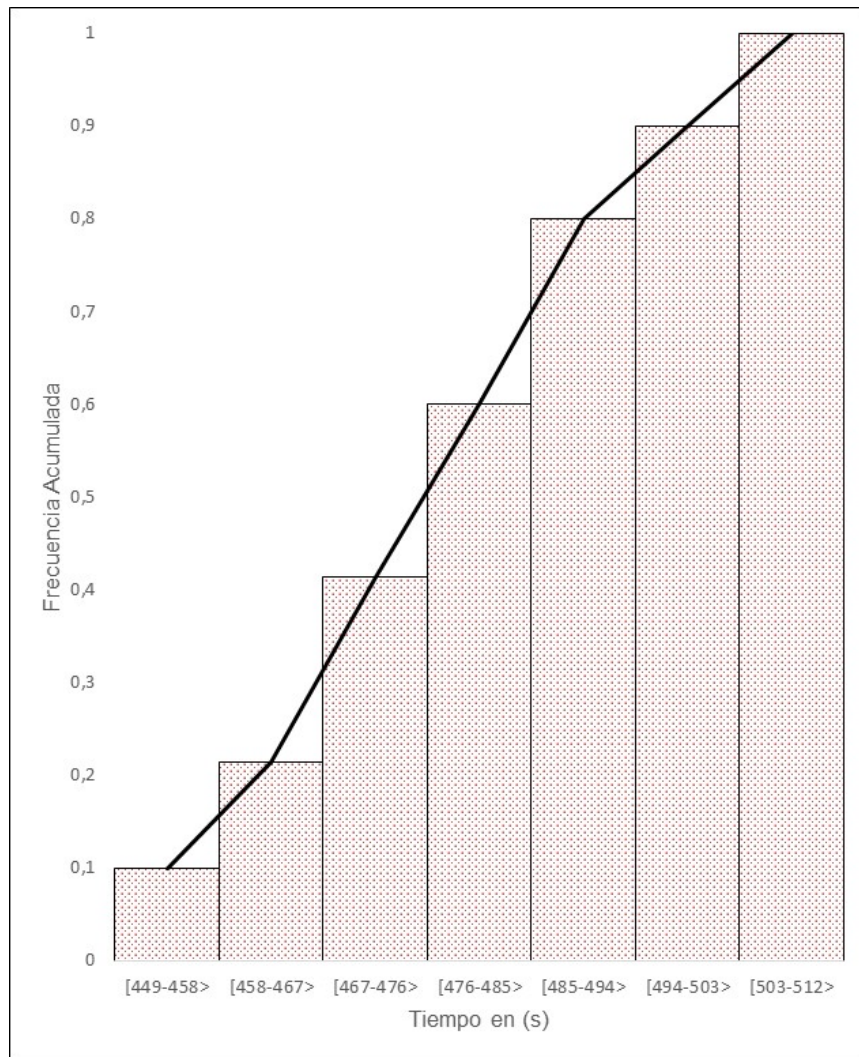


Figura 2.27: Función acumulada de los tiempos del tramo 7-6-3-2 (volquetes vacíos).

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[749-758>	753.5	9	0.129	0.129
[758-767>	762.5	9	0.129	0.258
[767-776>	771.5	9	0.129	0.387
[776-785>	780.5	13	0.186	0.573
[785-794>	789.5	17	0.243	0.816
[794-803>	798.5	7	0.100	0.916
[803-812>	807.5	6	0.084	1.000

Figura 2.28: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 4-3-5 (volquetes cargados con desmonte).

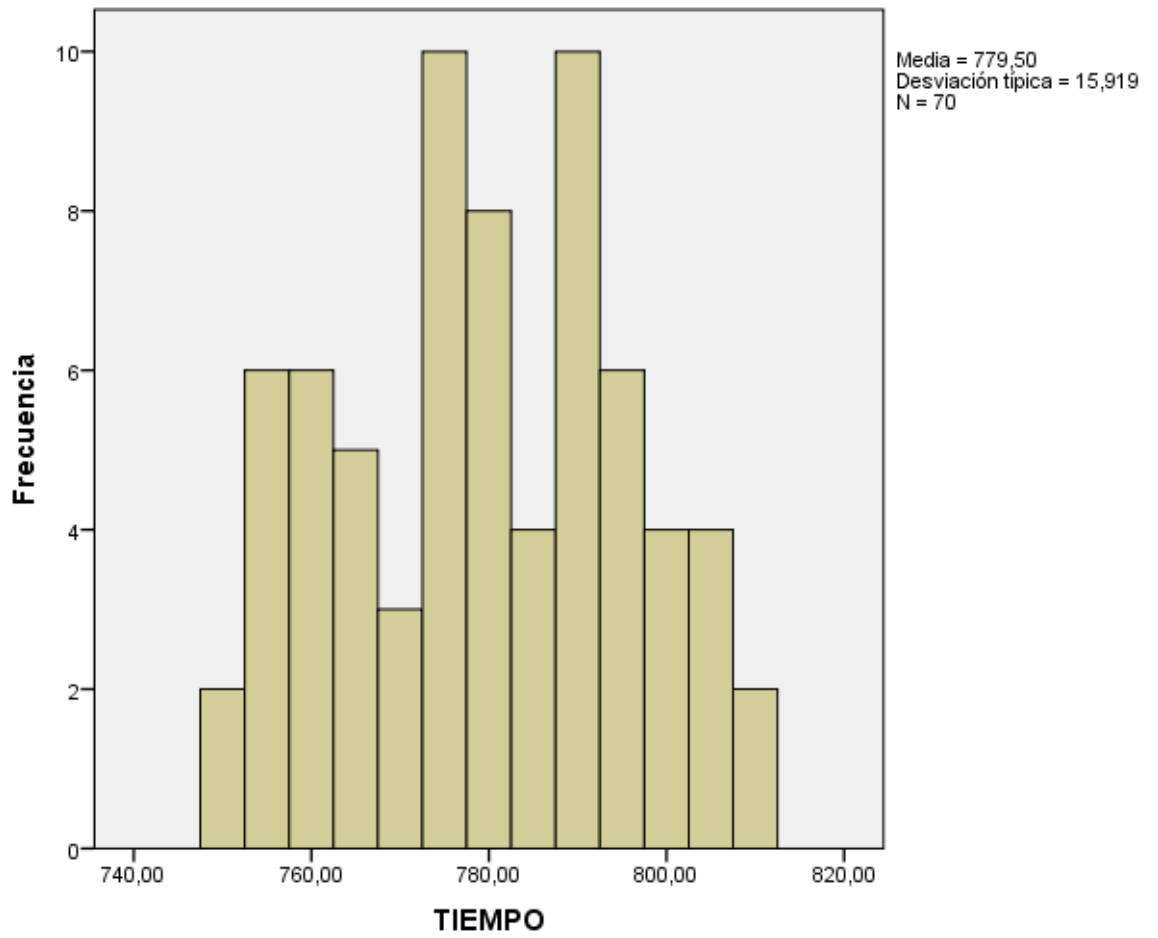


Figura 2.29: Histograma de los tiempos del tramo 4-3-5 (volquetes cargados con desmonte).

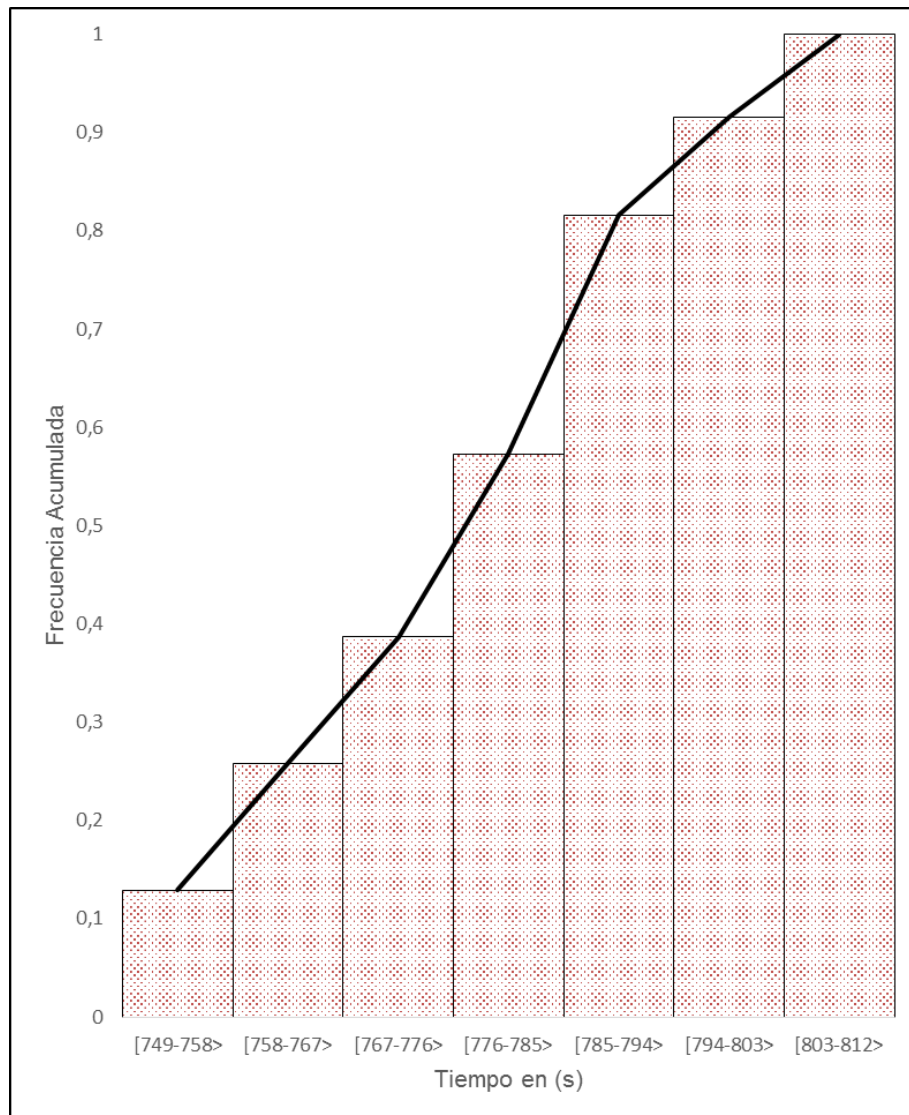


Figura 2.30: Función acumulada de los tiempos del tramo 4-3-5 (volquetes vacíos).

INTERVALO	m_i	f_i	h_i	H_i
[512-529>	520.5	7	0.100	0.100
[529-546>	539.5	5	0.071	0.171
[546-563>	558.5	8	0.114	0.285
[563-580>	577.5	15	0.214	0.499
[580-597>	596.5	15	0.214	0.713
[597-614>	615.5	11	0.158	0.871
[614-631>	634.5	9	0.129	1.000

Figura 2.31: Tabla de frecuencias de los tiempos del tramo 5-3-4 (volquetes vacíos).

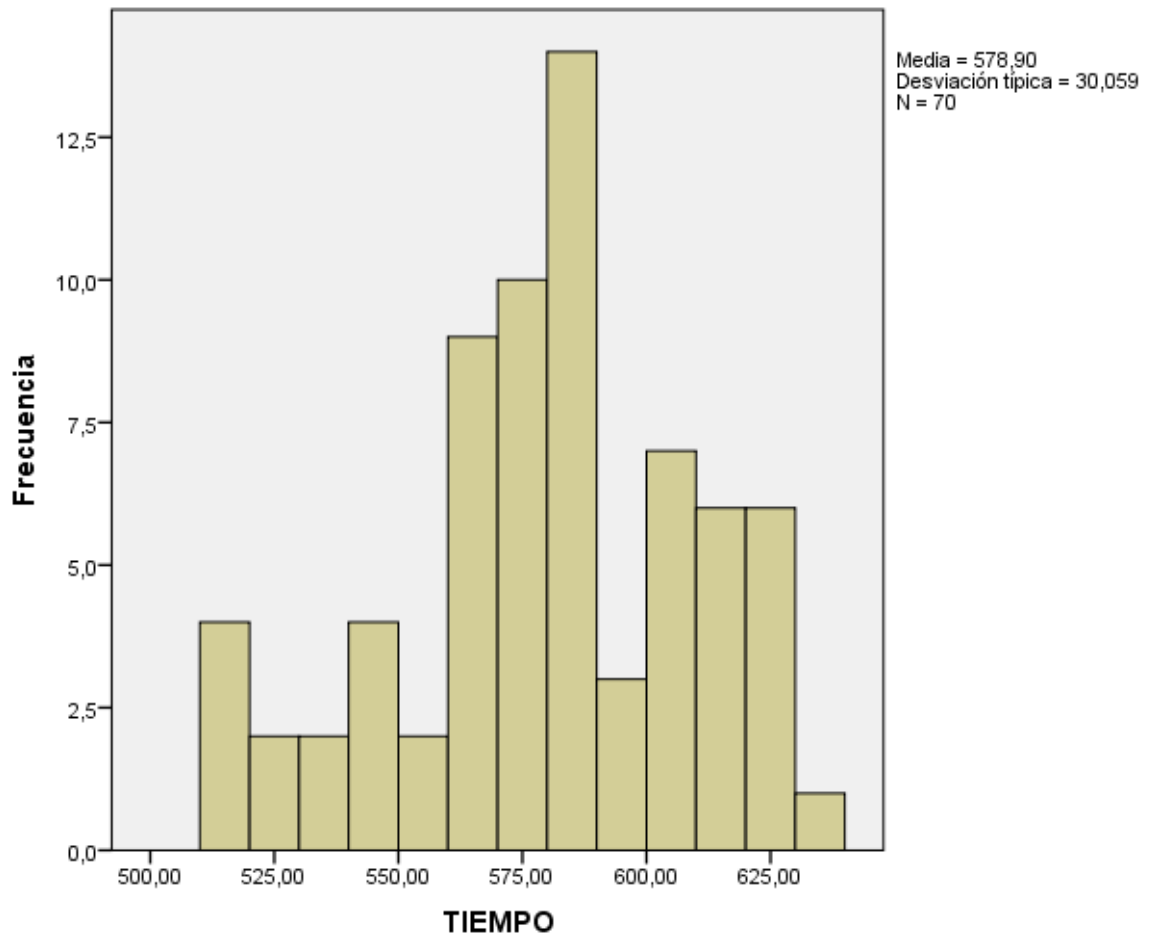


Figura 2.32: Histograma de los tiempos del tramo 5-3-4 (volquetes vacíos).

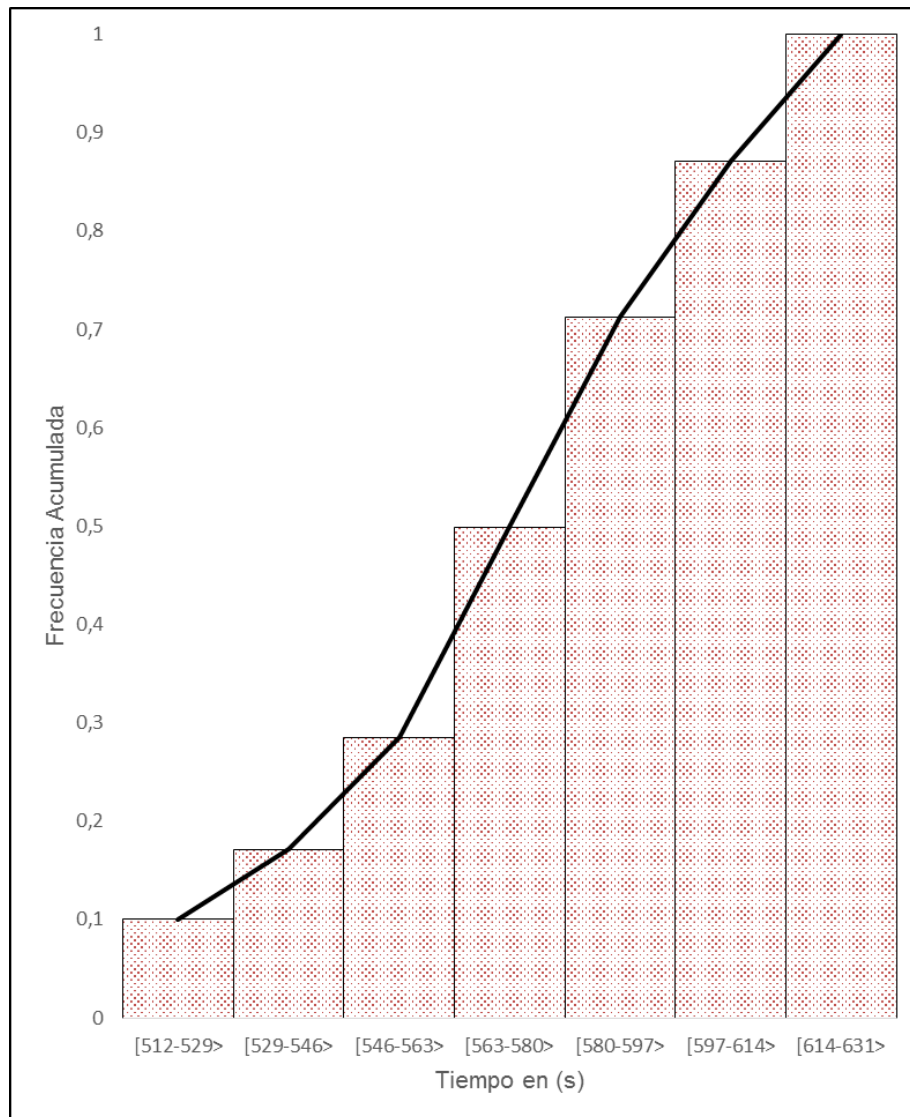
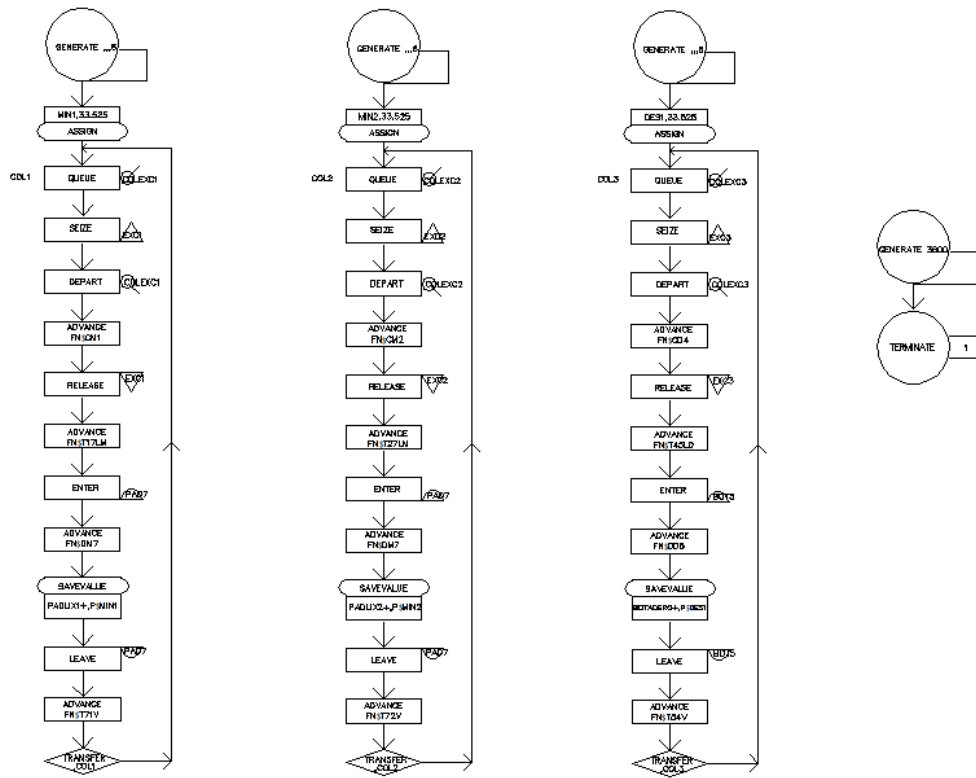


Figura 2.33: Función acumulada de los tiempos del tramo 5-3-4 (volquetes vacíos).

Anexo N° IV

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MODELO PROBABILÍSTICO



Anexo N° 5

REPLANTEO DE LA CODIFICACIÓN

*****MODELO DE LA UNIDAD MINERA ANABI SAC. “TAJO ANAMA” –
DESARROLLADO Y PROGRAMADO POR RIEMANN EULER GAMARRA
SANTAMARIA*****

*****SE VARIÓ SOLO LOS TIEMPOS DE LOS TRAMOS*****

T17LM FUNCTION RN1, C8

0.0,405.0/0.07,410.0/0.18,415/0.37,420.0/0.56,425.0/0.77,430.0/0.93,435.0/1.0,440

T71V FUNCTION RN1, C8

0.0,314.5/0.086,319.0/0.186,323.5/0.386,328.0/0.6,332.5/0.786,337.0/0.9,341.5/1.0,3
46

T27LM FUNCTION RN1, C8

0.0,314.5/0.086,319.0/0.229,323.5/0.415,328.0/0.615,332.5/0.772,337.0/0.9,341.5/1.
0,346

T72V FUNCTION RN1, C8

0.0,224.5/0.1,229.0/0.214,233.5/0.414,238.0/0.6,242.5/0.8,247.0/0.9,251.5/1.0,256.0

T45LD FUNCTION RN1, C8

0.0,374.5/0.129,379.0/0.258,383.5/0.387,388.0/0.573,392.5/0.816,397.0/0.916,401.5/
1.0,406.0

T54V FUNCTION RN1, C8

0.0,256.0/0.1,264.5/0.171,273.0/0.285,281.5/0.499,290.0/0.713,298.5/0.871,307.0/1.
0,315.5

C1M FUNCTION RN1, C8

0.0,99.0/0.071,105.0/0.2,111.0/0.343,117.0/0.529,123.0/0.715,129.0/0.886,135.0/1.0,
141.0

C2M FUNCTION RN1, C8

0.0,99.0/0.057,105.0/0.171,111.0/0.314,117.0/0.457,123.0/0.657,129.0/0.871,135.0/1
.0,141.0

C4D FUNCTION RN1, C8

0.0,99.0/0.071,105.0/0.2,111.0/0.343,117.0/0.514,123.0/0.728,129.0/0.885,135.0/1.0,
141.0

D7M FUNCTION RN1, C8

0.0,99.0/0.1,105.0/0.214,111.0/0.371,117.0/0.542,123.0/0.713,129.0/0.856,135.0/0.99,141.0

D5D FUNCTION RN1,C8

0.0,105.0/0.071,105.0/0.142,111.0/0.313,117.0/0.484,123.0/0.67,129.0/0.87,135.0/1.0,141.0

*****SE VARIÓ LA ASIGNACIÓN DE CAMIONES*****

```
INITIAL X$PADLIX1,0
INITIAL X$PADLIX2,0
INITIAL X$BOTADERO,0
BOT5 STORAGE 6
PAD7 STORAGE 6
      GENERATE , , , 7 ///SE CAMBIO LOS 6 CAMIONES POR 7
      ASSIGN MIN1,33.525
COL1  QUEUE COLEX1
      SEIZE EXC1
      DEPART COLEX1
      ADVANCE FN$C1M
      RELEASE EXC1
      ADVANCE FN$T17LM
      ENTER PAD7
      ADVANCE FN$D7M
      SAVEVALUE PADLIX1+,P$MIN1
      LEAVE PAD7
      ADVANCE FN$T71V
      TRANSFER ,COL1
      GENERATE , , , 6 ///NO SE MODIFICO EL # DE CAMIONES
      ASSIGN MIN2,33.525
COL2  QUEUE COLEX2
      SEIZE EXC2
      DEPART COLEX2
      ADVANCE FN$C2M
      RELEASE EXC2
      ADVANCE FN$T27LM
      ENTER PAD7
      ADVANCE FN$D7M
      SAVEVALUE PADLIX2+,P$MIN2
      LEAVE PAD7
      ADVANCE FN$T72V
      TRANSFER ,COL2
      GENERATE , , , 5///SE CAMBIO LOS 6 CAMIONES POR 5
      ASSIGN DES1,33.525
COL3  QUEUE COLEX3
      SEIZE EXC3
```

```

DEPART COLEX3
ADVANCE FN$C4D
RELEASE EXC3
ADVANCE FN$T45LD
ENTER BOT5
ADVANCE FN$D5D
SAVEVALUE BOTADERO+,P$DES1
LEAVE BOT5
ADVANCE FN$T54V
TRANSFER ,COL3
GENERATE 36000
TERMINATE 1

START 1

```

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

GPSS World Simulation Report - CODIFICACION EN GPSS nuevo.26.1

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER
EXC1	252	0.846	120.872	1	19	0	0
EXC2	263	0.890	121.808	1	15	0	0
EXC3	195	0.655	120.959	1	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	
COLEX1	6	0	252	163	0.132	18.861	
COLEX2	5	0	263	133	0.133	18.157	
COLEX3	4	0	195	154	0.057	10.504	
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C. UTIL.
BOT5	6	5	0	2	193	1	0.663 0.111
PAD7	6	4	0	4	507	1	1.701 0.284
SAVEVALUE	RETRY	VALUE					
PADLIX1	0	8280.675					
PADLIX2	0	8649.450					
BOTADERO	0	6436.800					

RIEMANN EULER GAMARRA SANTAMARIA

Correo: rgamarras@uni.pe, Cel.: 993365719

RESUMEN PROFESIONAL

Training en la U.M.Anabi S.A.C., Peruano con 2 años de experiencia en legislación, procedimientos mineros y en explotación de mina a tajo abierto en el área de operaciones mina. Ingeniero en Ciencias (*Con Grandes Honores*) con mención en: Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Ingeniería, asociado al Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (12-03385-OT).

EXPERIENCIA PROFESIONAL	LOGROS RELEVANTES
<p>Unidad Minera Anabi S.A.C. – May 2015 hasta la fecha: Training en Operaciones Mina</p> <ul style="list-style-type: none">• Anabi, operación a cielo abierto de mineral de oro.• 2774kt de mineral proyectados para el 2015. <p>Ministerio de Energía y Minas. - Feb 2013 – Feb 2014 Practicante de la Dirección Técnica Minera</p> <ul style="list-style-type: none">• Normas y procedimientos para operaciones mineras.• Aprobación de planes de minado. <p>Compañía Minera Antamina S.A. – Ene 2012 – Abr 2012 Practicante en Operaciones Mina.</p> <ul style="list-style-type: none">• 500kt de movimiento de tierra por día.• Encargado de planificar, supervisar y reportar la operatividad de la flota de camiones.	<ul style="list-style-type: none">• Diseño del modelo probabilístico de transporte de mineral del tajo Anama.• Realizar diagramas de flujos para los procedimientos mineros.• Capacitación en criterios para remarcar las mallas de perforación cuando se borre los puntos marcados.• Iniciativa para que la mina Antamina muestre las operaciones a las comunidades.
ACTIVIDADES EXTRACURRICULARES	
<ul style="list-style-type: none">• Participante como comunero en la audiencia Pública “Incremento de Reservas y Optimización del Plan de Minado”. Cía. Minera Antamina S.A.• Participante en la verificación de los datos en campo de la Cía. Minera Milpo S.A.A. Lugar: Ancash.• Participante en la audiencia Pública “Línea auxiliar de transmisión eléctrica de 220kv” de la Sub-Estación Vizcarra - Huallanca hacia ANTAMINA.	

